

II. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

Фундаментальная работа №1

Кафедра: Физика и прикладная химия.

Название приоритетного направления развития науки и техники:

фундаментальные научные исследования по наиболее важным проблемам развития научно-технического, социально-экономического, общественно-политического, человеческого потенциала для обеспечения конкурентоспособности в мире и устойчивого развития общества и государства.

Тема НИР: «Развитие физико-химических основ кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов и растворов».

Руководители НИР: Фролова Светлана Александровна, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и прикладной химии.

Номер государственной регистрации НИР: 0121D000091.

Номер учетной карточки заключительного отчета: -

Название высшего учебного заведения, научного учреждения: ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

Срок выполнения: начало –09.01.2022 г., окончание – 31.12.2022 г.

Предмет исследования. Закономерности влияния кинетики зародышеобразования и кристаллизации переохлажденных расплавов на структуру и свойства материалов.

Объект исследования. Цветные металлы и сплавы, кристаллогидраты и их смеси, низкомолекулярные органические вещества.

Суть процесса исследования. Суть процесса исследования в том, что в литературе отсутствуют систематические исследования относительно влияния зародышеобразования и кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов разных веществ на структуру и свойства материалов, которые зависят от условий кристаллизации и влияния разных факторов. Поэтому эта работа направлена на исследования в этом направлении.

Основные научные результаты. Выполнен план работы по 3 этапу (2023 г.). Выполнен план работы по 3 этапу (2023 г.).

Проведены экспериментальные исследования наличия предкристаллизационных переохлаждений при кристаллизации неорганических солей $NaNO_3$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и эвтектических сплавов в системах $NaNO_3-H_2O$, $H_2O - Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $H_2O - MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Исследованы процессы кристаллизации солей по термограммам плавкости.

Проанализированы тепловые эффекты при плавлении и кристаллизации в системе эвтектического сплава в системе $NaNO_3-H_2O$. Эвтектический состав в данной системе может быть рекомендован в качестве теплоаккумулирующего материала. Определены активности и коэффициенты активности компонентов на момент начала квазиравновесной и неравновесно- взрывной кристаллизаций для доэвтектических сплавов в системах $H_2O - Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $H_2O - MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и эвтектического сплава $NaNO_3-H_2O$. Установлено, что активность соли во всех эвтектических сплавах выше активности воды. Высокую активность соли можно объяснить тем, что ее кристаллизация складывается из двух этапов (образование кислотного остатка, например молекулы NO_3 , а затем – соединение в молекулу соли, например $NaNO_3$), затвердевание же воды происходит в один этап (соединение атомов в кристаллическую решетку). Для пятиводного тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ рассчитаны размеры критического зародыша кристалла и работы его образования в равновесных и неравновесных условиях затвердевания. Установлено, что отсутствие небольшого числа молекул воды в зародыше кристаллогидрата почти не влияет на критические размеры как дислокационных, так и бездислокационных зародышей, однако заметно влияет на работу их образования. Определены значения энтальпий плавления и кристаллизации.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

И хотя энтальпия эвтектики всегда меньше энтальпий каждого из компонентов, она всегда значительна, а вместе с низкой переохлаждаемостью и высокой стабильностью, эвтектический состав является оптимальным выбором для создания фазопереходных тепло- и холодоаккумуляторов.

На примере схематических термограмм, отражающих процессы зарядки и разрядки теплоаккумулятора с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом, предложена методика определения энергетического КПД теплоаккумулятора капсульного типа. Рассчитаны теплотери при зарядке и разрядке теплоаккумулятора капсульного типа. Показано, что КПД теплоаккумулятора будет увеличиваться при уменьшении как «перегревов», так и «переохлаждений».

Описана динамика изменения структуры расплава при охлаждении твердых растворов замещения в процессе квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций с учетом процессов кластеризации. Определены границы перехода в твердое состояние по мере изменения кластерной структуры при кристаллизациях типа КРК и НРВК. Границы определены с

учетом критического перегрева T^+ и предкристаллизационного

переохлаждения относительно линии ликвидус ΔT^- . Определено, что при

квазиравновесной кристаллизации расплав меняет свою структуру в

следующей последовательности $ж \rightarrow ж + K_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$, а при

неравновесно-взрывной кристаллизации – в последовательности $ж \rightarrow ж +$

$K_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$. Применено правило фаз для расчета первых кристаллов,

появившихся при различных видах кристаллизаций. Представлены кривые охлаждения сплавов, описывающие различные виды кристаллизации сплавов.

Методами циклического и дифференциального термического анализа изучены особенности кристаллизации эвтектического сплава углеводородов 79.5 вес.% о-терфенила (о-Т) и 20.5 вес.% нафталина (Н).

Установлено, что после изотермических выдержек переохлажденных расплавов и дальнейшем их нагревании фиксируются плато плавления при температуре $T_L=304$ К, свидетельствующие о том, что в процессе выдержки (рис. 1) расплав кристаллизуется. С увеличением времени изотермической выдержки метастабильного расплава, либо времени пребывания расплава (без выдержки) в переохлажденном состоянии увеличивается длина плато плавления в последующем цикле, что свидетельствует об увеличении степени кристалличности образца.

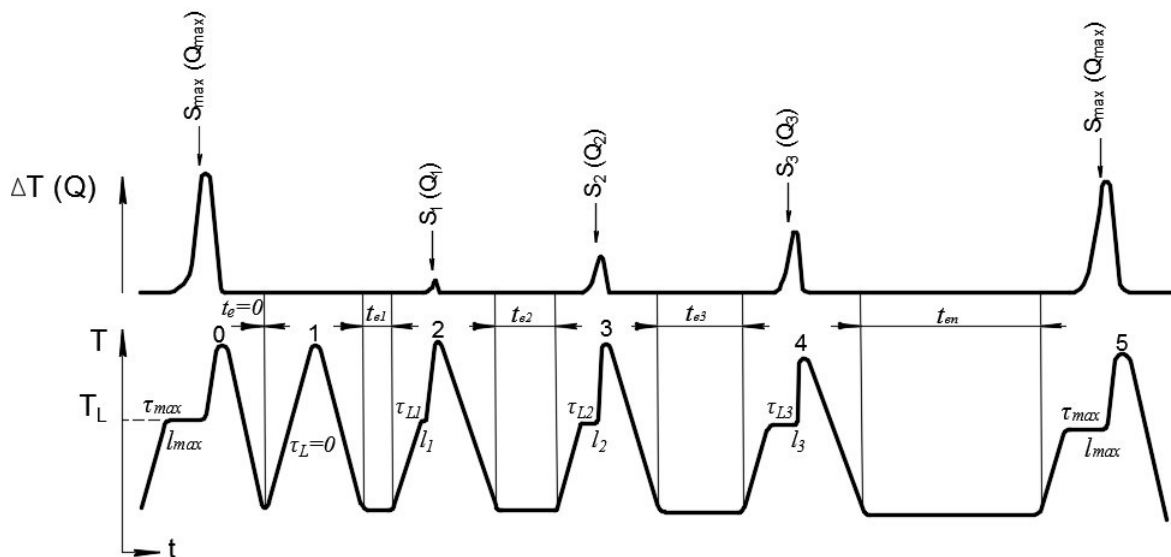


Рис. 1. Схематические ЦТА- и ДТА-термограммы, отражающие влияние продолжительности изотермических выдержек расплава эвтектического состава 20.5 % Н-79.5% о-Т на длительность плавления от цикла к циклу.

Видно, что данный сплав при охлаждении переходит в стеклообразное состояние без признаков кристаллизации на термограммах. Однако, при его

нагревании фиксируются эндоэффекты плавления, что свидетельствует о том, что в процессе охлаждения все же происходит медленное затвердевание. На основании этого предложен способ определения степени кристалличности η_i по продолжительности плавления τ_i (или по длине плато плавления l_i , или по теплотам плавления Q_i): $\eta_i = \tau_i / \tau_{max}$, $\eta_i = l_i / l_{max}$, $\eta_i = Q_i / Q_{max}$ (рис.), где индексом *max* обозначены максимальные значения этих величин. Значения η_i были использованы в уравнении Авраами-Колмогорова $\eta_i = 1 - \exp(-Z \cdot t^n)$ для расчета константы кристаллизации Z и параметра Авраамип.

Изучено влияние термовременной выдержки расплава м-терфенила на величину предкристаллизационного переохлаждения. Выдержку образца массой 0.15 г проводили при температуре ~ 325 К, которая была выше T_{min} всего на ~ 2 К. На рис. 2 приведены термограммы плавокости для образца м-терфенила массой 0.15 г.

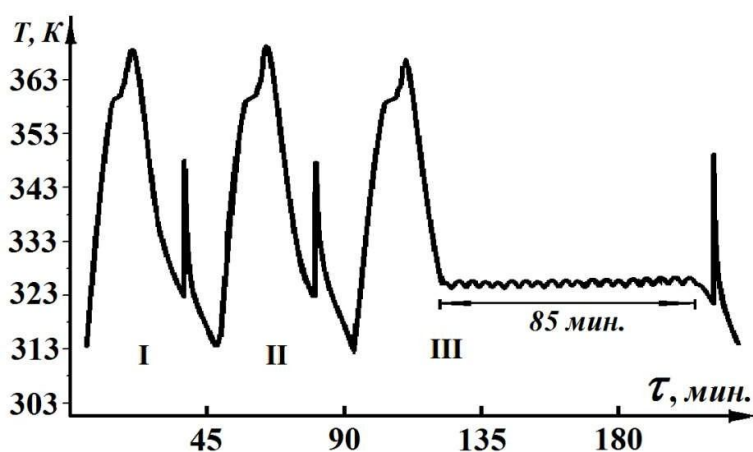


Рис. 2. Термограммы м-терфенила массой 0.15 г, характеризующие вид кривых охлаждения и кристаллизации после изотермической выдержки расплавов в переохлажденном состоянии.

Подготовлен промежуточный отчет.

Работа над кандидатскими диссертациями.

В работе принимали участие 4 студента 1 и 2 курса обучения.

Цель и предмет работы.

Основная цель работы — экспериментальные и теоретические исследования кинетики зародышеобразования и массовой кристаллизации расплавов и растворов разных веществ, влияния термической предыстории

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»
на параметры равновесной и неравновесной кристаллизации, структуру и свойства материалов.

Перечень основных заданий.

Этап 3. 09.01.2023 г.-31.12.2023 г.

Исследование процесса кристаллизации из раствора монокристаллических пленок пара-кватерфенила с помощью оптического микроскопа.

Исследование термодинамических процессов образования плоских зародышей кристаллов на межфазной границе жидкость-воздух.

Экспериментальные исследования предкристаллизационных переохлаждений при кристаллизации низкомолекулярных органических веществ (бензойная кислота, пара-кватерфенил) и их смесей и построение соответствующих неравновесных диаграмм состояния.

Подготовка промежуточного отчета.

Реализация заданий работы.

Актуальность работы.

Важной проблемой в теории кристаллизации вещества в настоящее время является выяснение механизма взаимозависимости этапа зародышеобразования с последующим процессом массовой кристаллизации. Существующая флуктуационная теория не способна объяснить явления взрывной кристаллизации, эффекты поэтапного плавления и кристаллизации, наличия стойких и значительных переохлаждений и пр. Ввиду определенных трудностей прямого наблюдения за начальной стадией формирования кристалла, экспериментальных опытов по кинетике зародышеобразования, динамики развития зародышей, ее морфологии и текстуры, влияния разных дисперсных частиц и др. в настоящее время недостаточно для развития новых теорий кристаллизации.

Для дальнейшего развития теории зародышеобразования, роста кристаллов и массовой кристаллизации необходимо расширять класс исследуемых веществ, усовершенствовать традиционные и разрабатывать новые методики исследований, устанавливать новые закономерности и эффекты при фазовых превращениях, разрабатывать и анализировать неравновесные диаграммы состояния.

Результаты предыдущих наших исследований позволили установить ряд новых уникальных эффектов (скачкообразного перехода от равновесной кристаллизации без переохлаждения к неравновесной кристаллизации с физическим переохлаждением, отсутствие спонтанной кристаллизации в области метастабильного состояния расплава, построение диаграмм состояния сплавов с указанием областей физического переохлаждения, выявление таммановских зависимостей скорости зародышеобразования от переохлаждения при кристаллизации некоторых простых веществ, сплавов и химических соединений, факт уменьшения предкристаллизационного переохлаждения под действием инородных частиц и т.д.), которые содействует управлению структурой и свойствами получаемых материалов

после кристаллизации. Вместе с тем имеющихся данных явно недостаточно для построения кластерно-коагуляционной теории кристаллизации.

Основными задачами этапа являлись экспериментальные термографические исследования влияния перегрева расплавов и растворов, времени выдержки выше и ниже температуры фазового превращения, скорости охлаждения, массы образцов и др. на параметры кристаллизации расплавов разных материалов; математическая обработка экспериментальных данных; исследование структуры и свойств материалов.

Основные научные результаты:

- Определены активности и коэффициенты активности компонентов на момент начала квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций для доэвтектических сплавов в системах $H_2O - Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $H_2O - MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и эвтектического сплава $NaNO_3 - H_2O$. Установлено, что активность соли во всех эвтектических сплавах выше активности воды. Высокую активность соли можно объяснить тем, что ее кристаллизация складывается из двух этапов (образование кислотного остатка, например молекулы NO_3 , а затем – соединение в молекулу соли, например $NaNO_3$), затвердевание же воды происходит в один этап (соединение атомов в кристаллическую решетку).
- Для пятиводного тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ рассчитаны размеры критического зародыша кристалла и работы его образования в равновесных и неравновесных условиях затвердевания. Установлено, что отсутствие небольшого числа молекул воды в зародыше кристаллогидрата почти не влияет на критические размеры как дислокационных, так и бездислокационных зародышей, однако заметно влияет на работу их образования.
- Описана динамика изменения структуры расплава при охлаждении твердых растворов замещения в процессе квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций с учетом процессов кластеризации. Определены границы перехода в твердое состояние по мере изменения кластерной структуры при кристаллизациях типа КРК и НРВК. Границы определены с учетом критического перегрева

T^+ и предкристаллизационного переохлаждения относительно линии

ликвидус ΔT^- . Определено, что при квазиравновесной

кристаллизации расплав меняет свою структуру в следующей

последовательности $ж \rightarrow ж + K_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$, а при

неравновесно-взрывной кристаллизации – в последовательности $ж$

$\rightarrow ж + K_\alpha \rightarrow ж + \alpha_T \rightarrow \alpha_T$.

- Методами циклического и дифференциального термического анализа изучены особенности кристаллизации эвтектического сплава углеводородов 79.5 вес.% о-терфенила (о-Т) и 20.5 вес.% нафталина (Н). Данный сплав при охлаждении переходит в стеклообразное состояние без признаков кристаллизации на термограммах. Однако, при его нагревании фиксируются эндоэффекты плавления, что свидетельствует о том, что в процессе охлаждения все же происходит медленное затвердевание. На основании этого предложен способ определения степени кристалличности η_i по продолжительности плавления τ_i (или по длине плато плавления l_i , или по теплотам плавления).
- Получила свое дальнейшее развитие кластерно-коагуляционная теория кристаллизации на основе новых экспериментальных данных.
- Подготовлен промежуточный отчет.
- Результаты работы опубликованы в 17 работах, из них: 15 статей, 2 тезисов докладов, апробированы на 7 международных конференциях.

- В рамках научно-исследовательской работы принимали участие 4 студента.

Преимущество этой работы над другими имеющимися аналогами заключается в том, что в литературе отсутствуют: систематические экспериментальные исследования кинетики кристаллизации переохлажденных расплавов и влияния внешних действий на параметры кристаллизации элементарных веществ, сплавов, химических соединений, кристаллогидратов, низкомолекулярных веществ и т.п. Из-за отсутствия системных исследований влияния разных факторов на кинетику кристаллизации, литературные данные по этой проблеме содержат много разногласий, которые не дают дальнейшего развития теории кристаллизации из переохлажденного состояния и получении надежных экспериментальных средств влияния на структуру и свойства изделий. Современная теория не способна объяснить явления взрывной кристаллизации, эффекты поэтапного плавления и кристаллизации, наличия устойчивых и значительных переохлаждений, влияния внешних воздействий на зародышеобразование при кристаллизации переохлажденных расплавов и др. Центральный вопрос в теории кристаллизации вещества (механизм формирования зародышей в расплаве) порой остается не выясненным, а существующие представление о зародышеобразовании достаточно дискуссионно. Ввиду определенных трудностей прямого наблюдения за начальной стадией формирования кристалла, экспериментальных опытов по кинетике зародышеобразования, динамики развития зародышей, ее морфологии и текстуры в настоящее время явным образом недостаточно для развития новых теорий кристаллизации.

Практическая ценность.

Практическое значение полученных результатов работы заключается в том, что проведенные исследования и выявленные эффекты позволят существенным образом управлять структурой и свойствами разных веществ.

Получен большой экспериментальный материал по измерению параметров кристаллизации, который интересен для дальнейшего развития теории и практики кристаллизации вещества, о физико-химической природе расплавов, углубление понимания взаимосвязи параметров кристаллизации со структурой и свойствами полученных кристаллов. Результаты работы планируется использовать в научно-исследовательских институтах и производстве.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Установка для циклического термического анализа и экспериментальные данные по влиянию термической предыстории и внешних действий на кристаллизацию расплавов и растворов – в Донецком национальном техническом университете; Институте металлургии им. А.А. Байкова РАН.

Ценность результатов для учебно-научной работы.

Некоторые результаты работы введены в учебный процесс таких курсов, как «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Физико-химическое материаловедение», «Физика» (используются в лекционном курсе, лекционных демонстрациях, лабораторных работах). Например, разработаны лабораторные работы «Измерение электропроводности в кристаллогидратах при плавлении и кристаллизации», «Определение параметров кристаллизации растворов методом оптической микроскопии» и т.д.

Результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры, на 4 международных конференциях различного уровня и были опубликованы в крупных научных журналах. Результаты работы за 2022 г. были рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ФФМ 15.12.2022 г, протокол № 5.

В выполнении этой работы принимают участие студенты. Вместе со студентами опубликовано 5 научных работ и доложены на 4 международных конференциях.

Перечень разработанной документации и образцов.

1. Аннотированный отчет за второй этап работы.
2. Методические указания к лабораторным работам.

Перечень научных публикаций, докладов на конференциях, семинарах

п/п	Название	Вид работ	Выходные данные	Авторы
1	Неравновесная диаграмма состояния системы галлий-индий	тезисы	Сборник научных трудов XIII международной конференции "Химическая термодинамика и кинетика". - 15-0.05.2023 - г. В.Новгород. - С. 155-	Фролова С.А

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

			156.	
2	Различные виды кристаллизации на примере систем эвтектического типа	статья	Сборник трудов. Московская международная межвузовская научно-техническая конференция «Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации машин и робото-технических комплексов в АПК» – Москва, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 19-20.12.2023 г.	Соболь Греднев
3	Кластерная структура и неравновесных твердых растворов	статья	Сборник трудов. Московская международная межвузовская научно-техническая конференция «Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации машин и робото-технических комплексов в АПК» – Москва, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 19-20.12.2023 г.	Фролова
4	Влияние изотермической выдержки переохлажденного эвтектического сплава в системе о-терфенил – нафталин на процесс кристаллизации	тезисы	XII Международная научная конференция «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация и материалы нового поколения» (Сборник тезисов докладов) 18–22 сентября 2023 Иваново, Россия. – С.	Покинтелица Е.А., Щебетовская Н.В.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

			145-146.	
5	Влияние термовременной выдержки расплава м-терфенила на предкристаллизационные переохлаждения	статья	Химическая термодинамика и кинетика. Сборник научных трудов Тринадцатой Международной научной конференции Великий Новгород 15–19 мая 2023 г. –С. 205-206.	Покинтелица Е.А., Сухорада Ю.Л.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

6	Методика определения энергетического КПД теплового аккумулятора ФПТАМ с	статья	Материалы XIV Международной научно-практической онлайн-конференции «Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии». – Бендеры: ПГУ, 2023. – (29 ноября). – С. 61-65.	Соболь О.В., Миськевич А.С., Свириденко С.А.
7	Оценка величины поверхностного натяжения групповых химических компонентов битума	статья	Материалы XIV Международной научно-практической онлайн-конференции «Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии». – Бендеры: ПГУ, 2023. – (29 ноября). – С. 161-165.	Самойлова Е.Э. Бывалина С.А., Буц В.А.
8	Влияние перегрева расплавов на вид кристаллизации металлов и сплавов	статья	Сборник научных трудов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов "Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых	Пирков Е.Н., Фролова С.А.
			ученых строительно-архитектурной области". -Т.1. Фундаментальные науки. - Макеевка: ГБОУ ВО "ДонНАСА". -2023. - С. 185-193.	

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

9	Анализ изменения энтропии при кристаллизации бензола, нафталина и антрацена	статья	Химические проблемы современности: Сборник материалов VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Химические проблемы современности". - С. 290-292.	Кособрухов М.В., Щебетовская Н.В.
10	Равновесная и неравновесная кристаллизация бензола, нафталина, дифенила и антрацена	статья	Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – С. 194-199.	Ю.С. Еременко, Н.В. Щебетовская
11	Аналитическое решение задачи затвердевания металла в клинообразной изложнице с учетом конвекции и тепловых свойств окружающей среды при прогреве электрическим током	статья	Сборник научных трудов VIII республ. конференции молодых ученых, аспирантов, студентов "Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых	Греднев Д.С., Дремов В.В., Фролова С.А.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

			ученых строительно-архитектурной области". -Т.1. Фундаментальные науки. - Макеевка: ГБОУ ВО "ДонНАСА". -2023. - С. 286-293.	
12	Изучение термограмм плавкости индивидуальных веществ	статья	Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – С. 200-205.	Притыка А.А., Покинтелица Е.А.
13	Динамика изменения кластерной структуры расплавов твердых растворов в процессе равновесной и неравновесной кристаллизаций	статья	Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. – Казахстан, Нур-Султан. – 2023, № 2 (143). С. 45-51.	Фролова С.А., Соболев О.В.
14	Анализ термодинамических параметров кристаллизации эвтектического сплава в системе $H_2O-Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	статья	Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. – Казахстан, Нур-Султан. – 2023, № 3 (144). С. 10-23.	Соболев О.В., Фролова С.А., Моржухин А.М.

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

15	Особенности кристаллизации эвтектического сплава 20.5 вес.% нафталина-79.5 вес.% о-терфенила	статья	Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. – Казахстан, Нур-Султан. – 2023, № 3 (144). С. 51-62.	Покинтелица Е.А., Щебетовская Н.В.
16	Влияние критического перегрева расплавов на вид кристаллизации	статья	Металлы. – Москва. – 2023 (принята к печати)	Фролова С.А., Соболев О.В., Покинтелица Е.А., Савенков Н.В.
17	Проблемы и направления развития систем терморегуляции в электробусах	статья	Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 11 (принята к печати)	Покинтелица Е.А., Савенков Н.В., Моржухин А.М.

Основные выводы.

1. Установлено, что активность соли ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $NaNO_3$) во всех эвтектических сплавах выше активности воды. Высокую активность соли можно объяснить тем, что ее кристаллизация складывается из двух этапов (образование кислотного остатка, например молекулы NO_3 , а затем – соединение в молекулу соли, например $NaNO_3$), затвердевание же воды происходит в один этап (соединение атомов в кристаллическую решетку).
2. Установлено, что отсутствие небольшого числа молекул воды в зародыше кристаллогидрата $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ почти не влияет на критические размеры как дислокационных, так и бездислокационных зародышей, однако заметно влияет на работу их образования.
3. Определены границы перехода в твердое состояние при охлаждении твердых растворов замещения в процессе квазиравновесной и неравновесно-взрывной кристаллизаций по мере изменения кластерной структуры при кристаллизациях типа КРК и НРВК. Границы определены с учетом критического перегрева \square^+ и предкристаллизационного переохлаждения относительно линии ликвидус $\square\square^-$. Определено, что при квазиравновесной кристаллизации расплав меняет свою структуру в следующей последовательности $ж \rightarrow ж + \square_\alpha \rightarrow ж + \square_T \rightarrow \square_T$, а при неравновесно-взрывной кристаллизации – в последовательности $ж \rightarrow ж + \square_\alpha \rightarrow ж + \square_T \rightarrow \square_T$.
4. При исследовании кинетики кристаллизации определено, что эвтектический сплав 79.5 вес.% о-терфенила и 20.5 вес.% нафталина при охлаждении переходит в стеклообразное состояние без признаков кристаллизации на термограммах. Однако, при его нагревании фиксируются эндоэффекты плавления, что свидетельствует о том, что в процессе охлаждения все же происходит медленное затвердевание. На основании этого предложен способ определения степени кристалличности η_i по продолжительности плавления τ_i (или по длине плато плавления l_i , или по теплотам плавления).

Название приоритетного направления развития науки и техники: фундаментальные научные исследования по наиболее важным проблемам развития научно-технического, социально-экономического, общественно-политического, человеческого потенциала для обеспечения конкурентоспособности Республики в мире и устойчивого развития общества и государства.

1) **Тема НИР:** «Усовершенствование теории и методики обучения и воспитания студентов вузов с применением современных технологий; построение и анализ математических моделей явлений и процессов в механике, физике, строительстве, финансах и страховании».

2) **Руководитель НИР:** Г.А. Котов, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой ВМ;

ответственный исполнитель работы: Н.А. Галибина, доцент кафедры ВМ.

3) **Номер государственной регистрации НИР:** К-2-03-21.

4) **Название высшего учебного заведения, научного учреждения:** ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

5) **Срок выполнения:** начало – 11.01.2021 г., окончание – 31.12.2025 г.

6) **Предмет исследования:** методическая система обучения и воспитания студентов ДонНАСА; детерминированные и стохастические дифференциальные уравнения и их системы.

7) **Объект исследования:** процесс обучения и воспитания студентов; абсолютно твёрдые тела и их системы, деформируемые твёрдые тела, экономические процессы.

8) **Суть процесса исследования:** уточнение целей и содержания обучения и воспитания, в том числе и дистанционного, отбор наиболее эффективных методов, средств и организационных форм обучения и воспитания студентов; разработка, теоретический и численный анализ математических моделей абсолютно твёрдых тел и их систем, деформируемых твёрдых тел, экономических процессов.

9) **Основные научные результаты (научно-методические).**

Обновлено методическое обеспечение по всем дисциплинам, читаемым кафедрой высшей математики, в том числе и на подготовительных курсах Центра довузовской подготовки (рабочие программы дисциплины, учебно-методические пособия).

Обновлены и внесены в ЭИОС рабочие программы всех дисциплин кафедры для очной и заочной форм обучения.

Разработаны следующие учебно-методические пособия:

1. Галибина Н. А. Теория и методика дистанционного обучения математике в техническом вузе: учебно-методическое пособие для преподавателей математических дисциплин втузов / Н.А. Галибина – Макеевка : ДонНАСА, 2023. – 111 с.
2. Жмыхова Т.В. Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Экономико-математические методы и моделирование кадастра объектов недвижимости» для студентов направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / Т. В. Жмыхова – Макеевка: ДонНАСА, 2023. - 59 с.
3. Симогин А.А. Прикладная математика. Практикум по теории вероятностей и математической статистике: учеб.-метод. пособие/ А. А. Симогин. – Макеевка: ДонНАСА, 2023. – 312 с.
4. Чудина Е.Ю. Теория вероятностей и математическая статистика: учебно-методическое пособие для студентов экономических специальностей (учебно-методическое пособие). – Макеевка: ДонНАСА, 2023. – 162 с.

Научные и научно-методические исследования велись в следующих направлениях:

- разработка рекомендаций по усовершенствованию методики обучения и воспитания студентов, в том числе и дистанционного;
- разработка и внедрение в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий обучения математике;
- отбор и внедрение в учебный процесс активных и интерактивных технологий обучения;
- получение новых подходов в стохастическом моделировании инвестиций на финансовом и страховом рынках.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

- изучена платежеспособность страховых компаний, оперирующих на неполном биномиальном финансовом (B, S) – рынке в модели с дискретным временем, причем для аппроксимации исследуемого объекта были использованы классические полиномы Лагерра, ортогональные на интервале $[0; \infty)$. В качестве основного показателя платежеспособности была выбрана вероятность разорения и рассмотрен случай неизвестного распределения величины страховых исков, в случае детерминированной, а также стохастически недетерминированной функции распределения величин страховых исков;

- проведено сравнение влияния сезонности на факторы, ограничивающие производственную деятельность строительных организаций, посредством применения двумерного частотного анализа. Используются методы непараметрической статистики, в частности, метод кросстабуляции с дальнейшим анализом степени связи между признаками.
- усовершенствованы и разработаны новые средства дистанционного обучения студентов математическим дисциплинам;
- отобраны методы и организационные формы дистанционного обучения, позволяющие повысить качество математической подготовки студентов специальностей, связанных со строительством, экономикой и менеджментом;
- предложены активные и интерактивные технологии для повышения уровня подготовки студентов в технических вузах;
- усовершенствованы средства контроля эффективности обучения и воспитания студентов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры;
- исследованы особенности применения имитационных моделей в процессе обучения математике.

Исследования в указанном выше научно-методическом направлении целесообразно продолжить для построения методической системы обучения и воспитания студентов ДонНАСА, в том числе и дистанционного, а также для усовершенствования педагогического сопровождения самостоятельной работы студентов.

10) Работали над кандидатскими диссертациями: асс. Д.А. Сапронов.

11) В работе принимали участие: аспиранты – нет, студенты – нет.

12) Цель и предмет работы: уточнить цели и содержание обучения и воспитания, в том числе и дистанционного, отобрать наиболее эффективные методы, средства и организационные формы обучения и воспитания студентов ДонНАСА; провести теоретический и численный анализ математических моделей абсолютно и деформируемых твёрдых тел и их систем, экономических процессов.

13) Перечень основных заданий:

- нахождение точного порядка приближения функций классическими методами суммирования рядов и интегралов Фурье;
- поиск условий существования прецессионных движений уравнения класса Кирхгофа-Пуассона движения гиростата с одной неподвижной точкой с одним или двумя носимыми телами в полях сложной структуры;
- изучение основных характеристик деятельности страховых компаний для различных видов страхования;

– построение и исследование стохастических моделей различных экономических процессов и явлений;

– теоретико-методологического обоснование и разработка методической системы обучения, воспитания и всестороннего развития студентов ДонНАСА.

14) Реализация заданий работы. Основные этапы:

- Анализ методик обучения и воспитания студентов вузов; математических моделей, явлений и процессов в механике, строительстве, финансах и страховании.

- Анализ экспериментальных данных, связанных с обучением и воспитанием студентов вузов; исследование условий существования прецессионных движений систем твердых тел в различных силовых полях; исследование динамики капитала компаний и потребительских фондов.

- Проверка гипотез об эффективности использования современных технологий в обучении и воспитании студентов вузов; построение математических моделей в механике, физике, строительстве, финансах и страховании.

- Корректировка использования современных технологий в обучении и воспитании студентов вузов; оценка математических моделей явлений и процессов в механике, физике, строительстве, финансах и страховании.

- Разработка методики обучения и воспитания студентов вузов с применением современных технологий; анализ применения математических моделей в механике, физике, строительстве, финансах и страховании.

15) Практическая ценность: полученные научные и научно-методические результаты могут быть полезны: проектным и научно-исследовательским организациям, высшим и средним профессиональным учебным заведениям, финансовым и страховым компаниям, а также могут быть использованы преподавателями математических дисциплин кафедры ВМ для разработки спецкурсов для студентов ДонНАСА.

16. Наличие специального оборудования, предназначенного для научных исследований, которое может заинтересовать сторонних специалистов: нет.

17. Публикации.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ И ПРИНЯТЫХ РЕДАКЦИЯМИ В ПЕЧАТЬ ЗА 2023 ГОД, В ЗАРУБЕЖНЫХ ИЗДАНИЯХ, КОТОРЫЕ ИМЕЮТ ИМПАКТ-ФАКТОР

№	Авторы	Название работы	Название издания, где опубликована	Том, номер (выпуск, первая-
---	--------	-----------------	------------------------------------	-----------------------------

			работа (название журнала, название научно-метрической базы)	последняя страница работы
1. Публикации в Scopus, Web of Science				
1	T. Zhmykhova, O. Aleksandrova; T. Zhmykhova; Rando Värnik; Ants-Hannes Viira	The One-Way Analysis of Variance of Heat-Storage Materials Used in Building of Poultry Houses	Processes, Scopus, SCIE (Web of Science), CAPlus / SciFinder, Inspec, AGRIS.	Volume 11, Issue 1, 104, 2023
2. В международной наукометрической базе данных РИНЦ, ICONDA, Index Copernicus и др.				
1	Галибина Н.А., Распорский Д.А.	Рене Декарт: биография, идеи и вклад в науку	Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.), (РИНЦ)	В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – «Актуальные проблемы материаловедения» Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023., С. 59-65.
2	Галибина Н.А., Распорский Д.А.	Андрей Николаевич Колмогоров – великий математик XX века	Математическая культура инженера // Сборник докладов Республиканской студенческой научно-технической конференции, 19 апреля 2023 г. (РИНЦ)	Донецк [Электронный ресурс]. – Донецк: ДонНТУ, 2023, С. 35-40.
3.	Галибина Н.А., Бобрик А.В.	Исследование траекторий точек на звеньях типовых кривошипных механизмов.	Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения	«Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО

			студентов, аспирантов, молодых ученых «Строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.). (РИНЦ)	«ДонНАСА», 2023., С. 59-65.
4	Галибина Н.А., Передерий Е.А.	Григорий Михайлович Фихтенгольц – великий математик и педагог.	Сборник научных трудов IX Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых «Строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.). (РИНЦ)	«Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023., С. 120-126.
5.	Галибина Н.А.	Основные пути для повышения эффективности дистанционного обучения математике студентов	Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции. (РИНЦ)	Том 6: Педагогические науки. Часть 3 – С. 248-252
6	Карабутова А.Г., Жмыхова Т.В.	Использование методов машинного обучения при исследовании распространения коронавирусной инфекции	Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «ДОННУ». (РИНЦ)	Донецк: ДОННУ, 2023. – Вып. 15, том 1: Естественные науки. – С. 217-223.
7	Чудина Е.Ю. Жмыхова Т.В.	О фундаментальном образовании будущих архитекторов в контексте требований ФГОС ВО 3++	Качество продукции, технологий и образования: материалы XVIII Международной научно-практической конференции.	Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2023. – С.179-183.

			(РИНЦ)	
8	Чудина Е.Ю., Чепурко А.Д.	Программная реализация изображения множества Жюлиа на языке Pascal	Математическая культура инженера // Сборник докладов Республиканской студенческой научно-технической конференции, 19 апреля 2023 г., Донецк. (РИНЦ)	Донецк: ДонНТУ, 2023.–С. 115-118
9	Чудина Е.Ю., Чепурко А.Д.	Программное моделирование демографических процессов	Сборник научных трудов IX Респ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (24 апреля 2023 г.), Научные чтения «Актуальные проблемы материаловедения» (20 апреля 2023 г.): В 4-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. (РИНЦ)	Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023.– С. 65-69.
10	Чудина Е.Ю., Луцык Ю.Н.	Основные принципы преемственности дошкольного и начального экологического образования в условиях ФГОС	Сборник научных трудов IX Респ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (21	Макеевка : ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – С. 261-266.

			апреля 2023 г.) : В 4-х т. Т. 3. Гуманитарные науки. (РИНЦ)	
11	Чудина Е.Ю., Никифорчак В.И.	Дидактическая игрушка как инструмент умственного развития ребенка дошкольного возраста	Сборник научных трудов IX Респ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (21 апреля 2023 г.) : В 4-х т. Т. 3. Гуманитарные науки. (РИНЦ)	Макеевка : ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – С. 277-283.
12	Чудина Е.Ю., Каштанова Н.С.	Особенности развития мышления дошкольников и современные методики его развития	Сборник научных трудов IX Респ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (21 апреля 2023 г.) : В 4-х т. Т. 3. Гуманитарные науки. (РИНЦ)	Макеевка : ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2023. – С. 244-250.
13	Чудина Е.Ю., Абаза Т.Е.	Особенности эффективного формирования математической грамотности младших школьников как компонента функциональной грамотности	Сборник научно-методических работ. (РИНЦ)	Вып. 13. – Донецк: ДонНТУ, 2023. – С.7-15.

14	Чудина Е.Ю., Абаза Т.Е.	Формирование математической грамотности обучающихся начальной школы.	Эвристика и дидактика математики: материалы XII Международной научно-методической дистанционной конференции-конкурса молодых ученых, аспирантов и студентов. (РИНЦ)	Донецк: Изд-во ДонНУ, 2023. – С. 90-92.
15	Жмыхова Т.В., Чудина Е.Ю.	Вероятность разорения страховой компании на биномиальном финансовом рынке, определяемая на основе полиномов Лагерра, в случае неизвестного распределения величины страховых исков	Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. (РИНЦ)	Донецк: ДонГУ, 2023. – № 2. – С. 41-47.
16	Чудина Е.Ю.	Решение задачи оптимизации уровня учебной успеваемости и самоактуализации обучающихся на основании двухфакторной регрессии с применением метода идеальной точки	Проблемы искусственного интеллекта. (РИНЦ)	Донецк, 2023. – № 1(28). – С. 60-68.
17	Жмыхова Т.В., Котова О.В.	Применение статистических методов при оценке опережающих индикаторов	Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции. (РИНЦ)	Том 1: Механико-математические, компьютерные и химические науки, управление/ под общ. ред. проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – С. 140-141.
18	Жмыхова Т.В., Чудина Е.Ю.	Использование прикладных задач в	Дидактика математики:	2023. – Вып. 3 (59).– С. 39-45

		математическом образовании будущих архитекторов в свете компетентностного подхода	проблемы и исследования. (РИНЦ)	
--	--	---	---------------------------------	--

Фундаментальная работа №3

Кафедра: Специализированные информационные технологии и системы

Название приоритетного направления развития науки и техники: фундаментальные научные исследования по наиболее важным проблемам развития научно-технического, социально-экономического, общественно-политического, человеческого потенциала для обеспечения конкурентоспособности Донецкой Народной Республики в мире и устойчивого развития общества и государства.

- Тема НИР:** Математическое и компьютерное моделирование многофакторных процессов и явлений.
- Руководитель НИР:** Назим Я.В., канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Специализированные информационные технологии и системы».
- Номер государственной регистрации НИР:** 0121D000084.
- Номер учетной карточки заключительного отчета:** – нет.
- Название высшего учебного заведения, научного учреждения:** ФГБОУВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».
- Срок выполнения:** начало – 11.01.2021, окончание – 31.12.2025.
- Предмет исследования.** Математические и компьютерные модели многофакторных процессов и явлений.
- Объект исследования.** Математические основы и вычислительные методы моделирования многофакторных процессов и явлений.
- Суть процесса исследования.** Кафедральная научно-исследовательская тема посвящена разработке инструментов математического и компьютерного моделирования многофакторных процессов и явлений в различных отраслях науки и техники. Первая часть исследований посвящена развитию геометрической теории многомерной интерполяции в части систематизации геометрических интерполянтов и разработки рекомендаций по их использованию на регулярных и нерегулярных многомерных сетях точек,

координаты которых соответствуют исходной экспериментально-статистической или другой информации, с последующей алгоритмизацией результатов исследований для разработки интеллектуальных технологий геометрического моделирования многофакторных процессов с помощью многомерной интерполяции и аппроксимации. Вторая часть исследований посвящена развитию нечетко-множественных методов разработки и исследования математических и компьютерных моделей многофакторных процессов и явлений.

10. Основные научные результаты. Разработаны математические основы и вычислительные методы моделирования многофакторных процессов и явлений с помощью современной компьютерной техники, основанные на создании новых методов многомерной интерполяции и аппроксимации, а также нечетко-множественных методов.

11. Работали над кандидатскими диссертациями:

- Шевчук О.А. – соискатель учёной степени кандидата технических наук. Тема диссертации: «Численные методы компьютерного моделирования напряжённо-деформированного состояния тонкостенных оболочек инженерных сооружений». Шифр и наименование научной специальности: 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Защита диссертации состоялась 30.05.2023 в диссертационном совете на базе ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет».
- Селезнёв И.В. – соискатель учёной степени кандидата технических наук. Тема диссертации: «Интеллектуальные технологии моделирования многофакторных процессов с помощью многомерной интерполяции и аппроксимации». Шифр и наименование научной специальности: 2.5.1. «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий». Планируемая дата защиты: 27.12.2023 в диссертационном совете на базе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».
- Полянский Д.Д. – аспирант 2-го года обучения. Тема диссертации: «Нечетко-множественный учёт параметрической неопределенности при математическом моделировании термомеханического деформирования конструкций». Шифр и наименование научной специальности: 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

12. В работе принимали участие:

- аспиранты: Полянский Д.Д.
- студенты: нет.

13. Цель и предмет работы. Разработка математических методов и вычислительных алгоритмов моделирования многофакторных процессов и явлений.

14. Перечень основных заданий.

- Разработать критерии сравнения геометрических объектов многомерного аффинного пространства для выбора наилучших результатов геометрического моделирования многофакторных процессов и явлений.
- Разработать интеллектуальных технологий геометрического моделирования многофакторных процессов с помощью многомерной интерполяции и аппроксимации.
- Разработать вычислительные алгоритмы геометрического моделирования многофакторных процессов и явлений на основе больших и гипербольших объёмов исходных данных.
- Разработать нечетко-множественные математические методы исследования моделей термических процессов.
- Разработать и алгоритмизировать нечетко-множественные методы анализа расчетных моделей электрических и радиоэлектронных устройств.

15. Реализация заданий работы.

- Актуальность исследований связана с крайне высокой стоимостью натуральных и модельных экспериментов многофакторных процессов и явлений. Разработка новых методов многомерной интерполяции и аппроксимации, а также нечетко-множественных математических методов, позволяет получить математические и компьютерные модели для исследования многофакторных процессов и явлений живой не живой природы, техники, технологии, экономики, строительства и архитектуры, что позволяет избежать дорогостоящих экспериментов и перейти от натурального эксперимента к вычислительному с сохранением высокой степени достоверности полученных результатов.
- Основные задания работы (этапа) включают: анализ существующих подходов моделирования многофакторных процессов и явлений на основе больших объёмов исходных данных; анализ требований к алгоритмам для обработки больших объёмов исходных данных; адаптация моделей к особенностям больших и гипербольших объёмов исходных данных; разработка алгоритмов моделирования, многофакторных процессов и явлений на основе больших объёмов исходных данных.

16. Основные научные результаты.

В результате выполнения исследований по текущему этапу были получены следующие результаты, имеющие научную и практическую ценность:

- Выполнен анализ существующих подходов моделирования многофакторных процессов и явлений на основе больших объёмов исходных данных.
- Выполнен анализ требований к алгоритмам для обработки больших объёмов исходных данных.
- Рассмотрена адаптация моделей к особенностям больших и гипербольших объёмов исходных данных.
- Разработан алгоритм моделирования, многофакторных процессов и явлений на основе больших объёмов исходных данных.

17. Преимущество этой работы над другими имеющимися аналогами заключается в универсальности предложенного подхода к моделированию многофакторных процессов и явлений на основе больших и гипербольших объёмов исходных данных, которые могут быть использованы в качестве эффективного инструмента решения широкого спектра научно-практических задач математического и компьютерного моделирования.

18. Практическая ценность заключается в разработке высокоэффективных инструментов математического и компьютерного моделирования многофакторных процессов и явлений для решения широкого спектра научно-практических задач.

19. Ценность результатов для учебно-научной работы. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»:

- при проведении лабораторных занятий по дисциплинам «Информационные технологии в строительстве» для подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство»;
- «Компьютерные технологии в науке и профессиональной деятельности» для подготовки магистров по направлениям 07.04.01 «Архитектура», 07.04.03 «Дизайн архитектурной среды», 07.04.04 «Градостроительство», 1.04.02 «Землеустройство и кадастры» и практических занятий по дисциплине «Геометрическое моделирование многофакторных процессов и явлений» для подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

20. Перечень разработанной документации и образцов. Не предусмотрены программой исследований.

21. Перечень научных публикаций, докладов на конференциях, семинарах.

№	Название	Вид работы	Выходные данные	Авторы
1	Окружные нормальные изгибные волны в кольцевой пластине с двумя разнородными концентрическими составляющими	Статья	Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 18–27.	Сторожев С.В., Глущенко А.В., Дубяго Л.В., Шалдырван В.А.
2	Нечетко-множественный анализ параметрической неопределенности в моделях термоупругого деформирования	Доклад, Тезисы	Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Тезисы докладов XVII Всероссийской школы (пос. Дивноморское, 28 мая – 1 июня 2023 года) – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. – С. 106	Сторожев С.В., Номбре С.Б., Полянский Д.Д.
3	Нечетко-множественный учет параметрической неопределенности в задачах термомеханики тонкостенных конструкций	Доклад, Тезисы	Современные проблемы механики сплошной среды: тезисы докладов XXI Международной конференции (Ростов-на-Дону, 11-13 октября 2023 г.) Южный федеральный университет – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. – С. 89.	Сторожев С.В., Номбре С.Б., Полянский Д.Д.
4	Use of interpolation methods for modeling the stress-strain state of operated oil storage tanks	Статья	Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings Vol. 19, No. 2 (2023). – P. 119-129	Konopatskiy E. V., Krysko A. A., Shevchuk O. A.
5	Построение кругового цилиндра с осью в виде круговой синусоиды методом подвижного симплекса	Статья	Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий: сб. науч. тр. – Макеевка: ФГБОУ ВО ДОННАСА», 2023. – Вып. 2023-3(161). – С. 42-47.	Малютин Т. П. Ермаков И. А.

6	<p>Модели функциональной неоднородности изотропного цилиндрического волновода для случая осесимметричных нормальных волн</p>	<p>Статья</p>	<p>Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – № 1 (82). – С. 40-61</p>	<p>Моисеенко И.А., Моисеенко В.А., Мельничук Н.Ю.</p>
7	<p>Нечетко-множественные оценки величин термических напряжений в породном массиве со скважинами нагнетания прогретого пара</p>	<p>Доклад, Статья</p>	<p>Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 1: Механико-математические, компьютерные и химические науки, управление / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – С. 76–78.</p>	<p>Сторожев С.В., Номбре С.Б., Полянский Д.Д.</p>
8	<p>Нечетко-множественный анализ параметрической неконтрастности в расчетных моделях релаксационных систем для импульсных технологий</p>	<p>Доклад, Тезисы</p>	<p>Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 1: Механико-математические, компьютерные и химические науки, управление / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – С. 176–177</p>	<p>Сторожев С.В., Павлыш В.Н., Номбре С.Б.</p>
9	<p>Интегрирование уравнений распространения электроупругих волны рэлеевского типа в полупространстве функционально-градиентной пьезокерамики с двойной экспоненциальной неоднородностью</p>	<p>Доклад, Тезисы</p>	<p>Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 1: Механико-математические, компьютерные и</p>	<p>Сторожев С.В., Карасев Д.С., Малютина Т.П</p>

			химические науки, управление / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – С. 58–60.	
10	Базисные решения для модели распространяющихся изгибных волн в протяженных цилиндрах с учетом трехфакторного функционального закона радиальной неоднородности изотропного материала	Доклад, Тезисы	Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 1: Механико-математические, компьютерные и химические науки, управление / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – 374 с., с.70-72	Моисеенко И.А., Моисеенко В.А., Мельничук Н.Ю., Дзундза А.И.
11	Нечетко-множественный анализ параметрической неопределенности в расчетных моделях термоупругого деформирования балок	Статья	Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – №1 (82). – С. 81–92	Сторожев С.В., Номбре С.Б., Полянский Д.Д.
12	Интегрирование уравнений распространения локализованных сдвиговых электроупругих волн в функционально градиентной пьезокерамике с двойной экспоненциальной неоднородностью	Статья	Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – №2 (83). – С. 48–55	Сторожев С.В., Карасев Д. С., Шалдырван В.А.
13	Учет параметрической неопределенности в модели температурных воздействий на внутреннюю поверхность упругого полого шара	Статья	Журнал теоретической и прикладной механики. – 2023. – №2 (83). – С. 56–66.	Сторожев С.В., Номбре С.Б., Полянский Д.Д., Чан Ба Ле Хоанг
14	Развитие геометрических методов и алгоритмов многомерной интерполяции в точечном исчислении	Доклад, Статья	Вестник компьютерных и информационных технологий. (Рег. номер статьи 69 от 13.10.2023. Планируется к публикации в 2024 г. в рубрике «Компьютерная графика и гео-	Селезнёв И.В.

			метрическое моделирование»)	
15	Моделирования многофакторных процессов и явлений на основе больших и гипербольших объёмов исходных данных	Статья	Вестник компьютерных и информационных технологий (Рег. номер статьи 93 от 19.11.2023. Планируется к публикации в 2024 г. в рубрике «Компьютерная графика и геометрическое моделирование»)	Селезнёв И.В.

22. Основные выводы. В результате выполнения исследований по текущему этапу были получены следующие результаты, которые имеют научную и практическую ценность:

- в ходе анализа существующих подходов моделирования многофакторных процессов и явлений на основе больших объёмов исходных данных были выявлены ключевые тенденции и методологические особенности в данной области. Результаты позволяют сделать вывод о разнообразии подходов, применяемых при моделировании, а также об уникальных методах обработки и интерпретации больших объёмов данных;
- в результате анализа требований к алгоритмам для обработки больших объёмов исходных данных выявлены ключевые характеристики, необходимые для решения задач в данной области;
- в ходе анализа проблем адаптации моделей к особенностям больших и гипербольших объёмов исходных данных выявлены ключевые аспекты, определяющие успешность этого процесса. Сложность и разнообразие данных требуют от моделей не только высокой производительности, но и гибкости в учете различных типов информации;
- в результате анализа проблем адаптации моделей к особенностям больших и гипербольших объёмов исходных данных выявлены ключевые аспекты, определяющие успешность этого процесса.