

Нистратов Андрей Андреевич

**ПРОГРАММНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ
РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРЕЖДАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В
ПРИЛОЖЕНИЯХ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем,
комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН)

Научный консультант:

Зацаринный Александр Алексеевич
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН

Официальные оппоненты:

Позин Борис Аронович
доктор технических наук, профессор, профессор НИУ ВШЭ, главный научный сотрудник ИСП РАН

Бочаров Никита Алексеевич
доктор технических наук,
главный научный сотрудник
ПАО «ИНЭУМ им. И. С. Брука»

Сычугов Алексей Алексеевич
доктор технических наук,
директор Института прикладной математики и компьютерных наук ТулГУ

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет»

Защита диссертации состоится 08 апреля 2026 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.1.224.04 при ФИЦ ИУ РАН по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФИЦ ИУ РАН по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2 и на сайте официальном сайте ФИЦ ИУ РАН <http://www.frccsc.ru>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, высыпать по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2, ученому секретарю диссертационного совета 24.1.224.04.

Автореферат разослан

2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.224.04

Р.В. Разумчик

Общая характеристика работы

Анализ происходящих в мире научно-технических изменений в условиях разнородных природных, техногенных и социальных угроз побуждает к широкомасштабному исследованию и применению концептуальных взглядов и методов системной инженерии. Системная инженерия объединяет разнородные научно-технические усилия главным образом на том, как рациональным образом построить и эффективно эксплуатировать различные искусственно создаваемые системы. Возникновение системной инженерии в России произошло, в первую очередь, благодаря достижениям в области атомной энергетики, ракетостроения, освоения космоса и обеспечения безопасности сложных систем.

Сегодня наиболее «узким местом» отечественной системной инженерии является отсутствие доступных и широко применимых программных и технологических решений, ориентированных на прогнозирование и упреждающее управление рисками в достижении системных целей с использованием вычислительных систем (ВС) и компьютерных сетей (КС). При этом важно именно упреждающее управление рисками, позволяющее за счет своевременного распознавания признаков развития разнородных угроз избежать появление критичных событий или смягчить возможные последствия от реализации угроз.

За рубежом проблематика системной инженерии была поднята в работах Н. Винера, поддержаны в 60-70-е годы Г.Х. Гудом, Л. Клейнроком, Р.З. Маколом, Дж. Мартином (работы издавались в СССР на русском языке), позже в части управления рисками проблематику развивали В. Boehm, Н. Kumamoto, Е. Henley, D. Vose, E.H. Conrow, J. Mun и другие ученые США. В Европе риск-ориентированный подход в системной инженерии получил развитие в работах научно-технических школ таких современных ученых, как M. Eid, V. Rosato (Франция), En. Zio (Италия), K. Kolowrocki (Польша). Вопросы многосторонней методической оценки качества и безопасности функционирования различных систем с использованием вероятностного моделирования были заложены в школах отечественных ученых Б.В. Гнеденко, П.С. Краснощекова, Н.А. Махутова, Н.Н. Моисеева. В последние десятилетия исследования были продолжены и расширены В.А. Балыбердиным, И.В. Бычковым, В.И. Васильевым, Я.Д. Вишняковым, С.А. Головиным, Л.И. Григорьевым, Г.В. Дружининым, С.Г. Емельяновым, А.О. Жуковым, А.А. Зацаринным, С.П. Киселевой, С.М. Климовым, К.К. Колиным, В.Ю. Королевым, А.И. Костогрызовым, И.В. Котенко, В.В. Кульбой, В.В. Липаевым, А.С. Марковым, В.В. Москвичевым, Д.А. Новиковым, С.А. Петренко, Б.А. Позиным, Г.Я. Резниковым, И.Н. Синициным, И.А. Соколовым, П.В. Степановым, А.А. Стрельцовым, В.А. Сухомлиным, А.А. Сычуговым, И.А. Шереметом, Ю.И. Шокиным, Ю.К. Язовым, другими российскими и зарубежными учеными и получили

практическое развитие и приложение в поисковых и прикладных работах различных НИИ, научно-производственных предприятий и объединений при решении практических задач системной инженерии. Анализ упомянутых и многих других исследований показывает, что в условиях разнородных неопределенностей для критичных систем тематика управления рисками сохраняет свою практическую важность. Глобальный контекст для системной инженерии в настоящее время определяют растущие человеческие и социальные потребности, необходимость развития научно-методических основ системной инженерии и расширение областей ее применения в условиях разнородных вызовов и угроз, совершенствование инструментариев, моделей и методов решения практических задач, востребованность улучшения обучения и подготовки кадров. Перспективная системная инженерия должна поддерживаться междисциплинарной теоретической основой, методами и инструментариями исследований на уровне ВС и КС, основанными на моделях, позволяющих лучше понимать все более сложные системы и решения, принимаемые в условиях разнородных неопределенностей.

Вместе с тем, несмотря на наличие множества моделей, связанных с оценкой качества и безопасности функционирования систем, подавляющее большинство из них ориентировано на удовлетворение конкретных задаваемых специфических потребностей, и, зачастую, как реакция на факты негативных событий. А, учитывая структурную сложность анализируемых систем, многие из существующих моделей оказываются трудно адаптируемыми к применению по мере изменения условий и возникновения новых потребностей в моделировании процессов в жизненном цикле (ЖЦ) систем. За редким исключением возможности существующих информационных технологий не используются для вероятностного прогнозирования и упреждающего управления рисками. Тем самым в системной инженерии отсутствует доступный программно-технологический сервис для моделирования систем различного функционального назначения и вероятностного прогнозирования рисков по единой вероятностной шкале. В результате упускаются практические эффекты от адекватного применения накапливаемой оперативной информации для выявления скрытых закономерностей и возможностей в функционировании систем, в т.ч. извлекаемых из прецедентов и аналогий в смежных областях. На сегодня возникло критичное методологическое и программно-технологическое противоречие между объективными потребностями в упреждающем управлении рисками в приложениях системной инженерии и реальными программными и технологическими возможностями в применении в реальном времени получаемых результатов прогнозирования.

Таким образом, в условиях современных и ожидаемых вызовов и угроз, возрастающих неопределенностей в противодействии западным санкциям при построении нового мироустройства все вышеизложенное подтверждает **актуальность тематики** диссертационного исследования.

Осуществляя научный поиск практических путей, способствующих устранению выявленного противоречия, настоящая диссертационная работа посвящена решению важной **научной проблемы** разработки программных, технологических и методических решений для ВС и КС, ориентированных на прогнозирование и упреждающее управление рисками в приложениях системной инженерии.

Объектом исследования являются математическое и программное обеспечение ВС и КС, предназначенное для аналитического решения задач системной инженерии. Предметом исследования являются научно обоснованные программные, технологические и методические решения для ВС и КС, ориентированные на прогнозирование и упреждающее управление рисками в ЖЦ систем при реализации стандартизованных процессов и решении прямых и обратных задач системной инженерии.

Целью диссертационного исследования является обоснование рациональных способов снижения и удержания рисков в допустимых пределах на стадиях жизненного цикла систем различного функционального назначения в условиях реальных и гипотетических вызовов и угроз на основе применения предлагаемых новых научно обоснованных программных, технологических и методических решений для вычислительных систем и компьютерных сетей.

Результаты диссертационных исследований представлены в пяти разделах:

1. Анализ существующих подходов к управлению рисками в приложениях системной инженерии. Постановка научной проблемы;
2. Разработка программных решений, обеспечивающих прогнозирование рисков и обоснование упреждающих мер противодействия угрозам с использованием ВС и КС;
3. Разработка технологических решений для автономного и удаленного режимов поддержки принятия решений по упреждающему управлению рисками в приложениях системной инженерии;
4. Разработка типовых методик применения технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии;
5. Разработка рекомендаций по снижению и удержанию рисков в допустимых пределах в ЖЦ систем различного функционального назначения на основе применения технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии.

Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»:

- Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов;
- Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человека-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социокиберфизических системах;
- Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных;
- Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Комплекс новых программных и технологических решений для ВС и КС, включая:
 - решения по программной инфраструктуре глобально распределенного прогнозирования рисков и моделированию процессов;
 - комплексы программ моделирования систем для прогнозирования рисков (частных и интегрального), выявления угроз, анализа альтернатив и обоснования системных требований к характеристикам процессов;
 - прототип базы знаний для подготовки исходных данных для моделирования и поддержки принятия аналитических решений на стадиях жизненного цикла систем;
 - технологические решения по интеграции моделей и созданных комплексов программ, обеспечивающие реализацию новых аналитических возможностей по вероятностному прогнозированию и упреждающему управлению рисками;
2. Созданный прототип технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии, основанный на новых программных и технологических решениях для ВС и КС, обеспечивающий упреждающее выявление «узких мест» и определение рациональных способов снижения и удержания рисков в допустимых пределах на стадиях жизненного цикла систем различного функционального назначения в условиях реальных и гипотетических вызовов и угроз;
3. Методические решения для пользователей ВС и КС, включающие комплекс типовых методик и обеспечивающих применение созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии для конкретных приложений;
4. Основные положения по моделированию систем, прогнозированию и

упреждающему управлению рисками, реализованные в качестве основы методических рекомендаций национальных стандартов по информационным технологиям, системной и программной инженерии.

Научная новизна полученных результатов определяется

- новыми научно обоснованными программными и технологическими решениями для ВС и КС, обеспечивающими интеграцию существующих и усовершенствованных базовых моделей, создание и ведение прототипа базы знаний для моделирования в ЖЦ систем различного функционального назначения, за счет чего достигается расширение аналитических возможностей по прогнозированию и упреждающему управлению рисками;
- новыми методическими решениями задач системной инженерии, позволяющими в отличие от существующих подходов стандартизованным способом широко применять с использованием ВС и КС усовершенствованные вероятностные модели и разработанные программные и технологические решения, интерпретировать результаты прогнозирования рисков, извлекать в условиях разнородных неопределенностей знания о достижимых прагматических эффектах и обосновывать рекомендации по упреждающему управлению рисками, снижению и удержанию рисков в допустимых пределах

Теоретическую значимость работы определяют

- сформулированные и доказанные теоремы, ориентированные на прогнозирование и упреждающее управление рисками в сложных системах, расширяющие границы применимости существующих базовых моделей за счет учета различий в длительностях диагностики и восстановления нарушенной целостности элементов системы, создающие дополнительные знания по остаточному времени на реагирование для мониторируемых объектов, обеспечивающие повышение адекватности вероятностного моделирования с использованием математического и программного обеспечения ВС и КС и включающие: теорему о существовании и сходимости прогнозных значений рисков, учитывающих различия во временах диагностики и восстановления целостности системы; теорему об условиях существования прогнозной нижней оценки среднего остаточного времени на принятие упреждающих мер в недопущение нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта; выявленные закономерности в соотношениях исходных данных для непревышения задаваемого допустимого уровня риска и сохранения целостности моделируемой системы; следствие из теорем об ограничениях при выборе периода между диагностиками, ориентированного на непревышение допустимого риска нарушения целостности системы; теорему о среднем остаточном времени до нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер

противодействия угрозам; теорему о среднем остаточном времени до нарушения целостности сложной системы при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам;

– усовершенствованные вероятностные модели прогнозирования рисков и методы повышения их точности, реализованные в национальных стандартах и позволяющие в отличие от существующих учесть особенности функционирования составных элементов сложной системы, в т.ч. различного рода угрозы и вызовы, распределенные по элементам системы, возможные меры периодического контроля и восстановления нарушенной целостности. Эти модели и методы для анализа системных элементов, сложных систем и процессов составляют математическое обеспечение и специальное программное обеспечение созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии с использованием ВС и КС.

Практическая значимость работы заключается в том, что

– программные, технологические и методические решения реализованы при выполнении работ по созданию и эксплуатации программного прототипа подсистемы поддержки принятия решений по управлению рисками в рамках системы дистанционного контроля промышленной безопасности (СДК ПБ) на угольных шахтах в интересах генерального заказчика АО «СУЭК-Кузбасс» в 2016 г. (в части прогнозирования рисков), в 2017 г. (в части создания прототипа подсистемы поддержки принятия решений по управлению рисками прототипа СДК ПБ), в 2018 г. (в части развития прототипа), в 2019 г. (в части тиражирования прототипа), а также в ГОСТ Р 58494-2019 «Оборудование горно-шахтное. Многофункциональные системы безопасности угольных шахт. Система дистанционного контроля опасных производственных объектов», что подтверждено актом о реализации ООО НИИ прикладной математики и сертификации;

– предложенные вероятностные модели и методы реализованы в 2021 г. в 18 национальных стандартах системной инженерии: ГОСТ Р 59329, ГОСТ Р 59331, ГОСТ Р 59333, ГОСТ Р 59334, ГОСТ Р 59335, ГОСТ Р 59336, ГОСТ Р 59337, ГОСТ Р 59338, ГОСТ Р 59339, ГОСТ Р 59341, ГОСТ Р 59342, ГОСТ Р 59347, ГОСТ Р 59349, ГОСТ Р 59353, ГОСТ Р 59354, ГОСТ Р 59355, ГОСТ Р 59356, ГОСТ Р 59357 в части моделирования стандартных процессов приобретения и поставки продукции и услуг, управления инфраструктурой системы, управления человеческими ресурсами, управления качеством системы, управления знаниями о системе, планирования проекта, оценки и контроля проекта, управления решениями, управления рисками для системы, управления информацией, измерений, определения архитектуры системы, системного анализа,

передачи, аттестации, функционирования и сопровождения системы, изъятия и списания системы, что подтверждено актом о реализации от ФБУ НТЦ «Энергобезопасность»;

– стандартизованные усовершенствованные модели, методы и методические решения, включенные в ГОСТ Р 59329-2021 – ГОСТ Р 59357-2021, внедрены в практику работы национального и межнационального технического комитета «Информационные технологии» (ТК-МТК-022) в части ссылок и рекомендаций по использованию созданных методов, моделей и демонстрационных примеров системной инженерии в новых национальных стандартах 2024-2025гг.: ГОСТ Р 56920-2024 «Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Общие положения (ISO/IEC/IEEE 29119-1:2022, NEQ)»; ГОСТ Р 57193-2025 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2021, NEQ)»; ГОСТ Р 71303-2024 «Системная и программная инженерия. Возможности программных инструментариев для организационного управления инцидентами. Общие положения (ISO/IEC 23531:2020, NEQ)»; ГОСТ Р 71304-2024 «Системная и программная инженерия. Гарантии обеспечения качества систем и программных средств. Основные понятия и термины (ISO/IEC/IEEE 15026-1:2019, NEQ)»; ГОСТ 71438-2024 «Информационные технологии. Оценка процессов. Система измерения процессов для оценки их возможностей (ISO/IEC 33020:2019, NEQ)», ГОСТ Р 71439-2024 «Системная и программная инженерия. Методы и инструментарии продуктовой линейки программных средств и систем. Общие положения (ISO/IEC 26580:2021, NEQ)»; ГОСТ Р 71440-2024 «Информационные технологии. Оценка процессов. Руководство по определению рисков в процессах (ISO/IEC TR 33015:2019, NEQ)»; ГОСТ Р 71998-2025 «Информационные технологии. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения. Определение качества ИТ-услуг (ISO/IEC TS 25025:2021, NEQ)». Это подтверждено актом ТК-МТК-022 о внедрении результатов работы;

– усовершенствованные базовые модели и методы, программные и методические решения использованы в практике работы Комиссии РАН по техногенной безопасности при анализе техногенных рисков, что подтверждено актом о применении результатов исследований от Председателя Комиссии РАН чл.-корр. РАН Махутова Н.А.;

– на основе применения разработанного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии были получены научно обоснованные рекомендации по решению таких практических задач, как задача анализа и организации на предприятии процессов системного анализа, управления человеческими ресурсами, качеством и рисками; задача прогнозирования на срок до 2037 г. и удержания в допустимых пределах различных рисков разрушения бизнеса применительно к фармацевтическому предприятию, что подтверждено актом о реализации ООО «ПРАНАФАРМ» (г. Самара);

– усовершенствованные базовые модели и методы, программные, технологические и методические решения внедрены в учебный процесс кафедры АСУ факультета автоматики и вычислительной техники РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, используются в читаемом авторском курсе по системной инженерии и лабораторных занятиях.

Личный вклад

Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно. В опубликованных совместно работах авторский вклад включает усовершенствованные модели и методы, программные, технологические и методические решения, ориентированные на прогнозирование и упреждающее управление рисками в приложениях системной инженерии (см. рис. 1). Теоретический вклад (в математическое обеспечение) для решения задач системной инженерии состоит в формулировке и доказательстве теорем, в усовершенствовании на основе теорем моделей и методов повышения адекватности моделирования для анализа функционирования системных элементов, сложных систем и выполняемых процессов на уровне прогнозируемых рисков. И в доведении усовершенствованных моделей и методов до реализации в 19 национальных стандартах, и в разработке методов повышения адекватности вероятностного моделирования с использованием ВС и КС.



Рис. 1 Личный вклад

Вклад в программные и технологические решения для упреждающего управления рисками в приложениях системной инженерии состоит в создании прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии, включая: комплексы программ для моделирования стандартизованных процессов системной инженерии; встроенные технологические возможностей по предоставлению обобщенных и детальных вероятностных прогнозов; прототип базы знаний для моделирования. Вклад в методические решения состоит в разработке комплекса типовых методик применения созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии, а также в разработке практических рекомендаций по снижению и удержанию рисков в допустимых пределах в жизненном цикле систем на основе применения созданного прототипа.

Методология и методы исследований

В основу диссертационных исследований положены общая теория систем, теория открытых систем, теория управления, теория вероятностей, теория информационно-телекоммуникационных систем и сетей, методы удаленного мониторинга состояний объектов, сбора, обработки и хранения информации, методы системной инженерии, математического и системного анализа, методы оптимального управления, методы разработки архитектур и программной инфраструктуры, методы построения систем управления базами данных и знаний, методы создания человеко-машинных интерфейсов, методы разработки безопасного программного обеспечения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций **обусловлена** тем, что:

- в разработанных программных, технологических и методических решениях корректно применены рекомендации стандартов системной и программной инженерии, методы теории открытых систем, теории информационно-телекоммуникационных систем и сетей, методы удаленного мониторинга состояний объектов, сбора, обработки и хранения информации, методы разработки архитектур и программной инфраструктуры, методы построения систем управления базами данных и знаний, методы создания человеко-машинных интерфейсов. Эффективность решений подтверждена в ходе выполнения ряда НИОКР, проиллюстрирована на практических примерах;
- при моделировании использованы проверяемые данные, факты и статистическая информация о системных процессах контроля, мониторинга и восстановления нарушенной целостности с обоснованием подбора объектов анализа;
- получаемые результаты расчетов согласуются с опытными и статистическими данными в различных областях приложений (в т.ч. для информационных систем, систем

дистанционного контроля промышленной безопасности, систем хранения зерновой продукции), включая результаты сравнения с проведенными ранее исследованиями других авторов;

– во всех многочисленных рассмотренных случаях установлена близость полученных результатов с результатами применения методов оценки надежности и безопасности функционирования различного рода систем, полученных из независимых источников.

Апробация результатов работы осуществлялась на образцах сложных систем различного функционального назначения. Результаты докладывались на 2-й и 4-й Международной конференции по транспортной информации и безопасности (ICTIS, Китай-2013, Канада-2017), VIII и XIII Международной конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование» (SITITO, МГУ, Москва, 2013, 2018), Всероссийской конференции «Конкурентоспособность и импортозамещение в нефтегазовом комплексе» (РГУ нефти и газа, 2015), 1-й и 2-й Международной конференции по прикладной математике и моделированию (AMSM, Китай-2016, Таиланд-2017), 52-м Международном семинаре Европейской Ассоциации безопасности, надежности и данных (ESReDA, Вильнюс, 2017), 2-й Международной конференции по системной надежности и безопасности (ICSRs, Италия, 2017), 2-й Международной конференции по социальным наукам и исследованиям в образовании (ACSS-SSTR, Москва, 2017), 11-м Международном семинаре по надежности и безопасности (SSARS, Польша, 2017), Международной конференции по математике, моделированию и алгоритмам (MMSA, Китай, 2018), Международной конференции по физике, вычислениям и математическому моделированию (PCMM, Китай, 2018), Международной конференции по коммуникациям, сетям и искусственному интеллекту (CNAI, Китай, 2018), Глобальной конференции по умной промышленности (Челябинск, 2018), 6-й и 7-й Международной конференции по актуальным проблемам системной и программной инженерии (ВШЭ, Москва, 2019, 2021), IX и XII Международной научной конференции "Стандартизация, сертификация, обеспечение эффективности, качества и безопасности информационных технологий" ("ИТ-Стандарт", Москва, 2019, 2023), 12-й Международной конференции «Компьютерный анализ и моделирование данных» (CDAM, Минск, 2019), III Межведомственной научно-практической технической конференции «Телекоммуникации и кибербезопасность: специальные системы и технологии» (Серпухов, 2021), Всероссийской научно-технической конференции «Кибернетика и информационная безопасность» («КИБ», МИФИ, 2023), XI и XIII Международной научно-технической конференции по безопасным информационным технологиям (BIT, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021, 2023).

Публикации

Основные положения диссертационных исследований отражены в 80 научных публикациях, в т.ч. в 4 монографиях, изданных в России и за рубежом; 20 публикаций представлены в журналах из Перечня ВАК (К1 - 4, К2 - 10), 28 – в зарубежных изданиях, цитируемых в международных базах данных, 20 – в материалах отечественных и международных конференций. Имеется 13 свидетельств Роспатента на программы для ЭВМ.

Объем и структура диссертации

Материалы диссертации изложены на 350 страницах машинописного текста; включают введение, 5 глав, заключение, приложения. Список литературы насчитывает 192 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В 1-м разделе в результате анализа существующих подходов к оценке и управлению рисками в жизненном цикле различных систем осуществлен анализ роли и места системной инженерии в решении практических задач, выявлены тенденции в изменениях современных систем, проведен анализ стандартизованных процессов в жизненном цикле систем, разработаны принципы для риск-ориентированного решения практических задач с использованием вычислительных систем и компьютерных сетей, определены требования к методам системного анализа с использованием вычислительных систем и компьютерных сетей, сделана постановка научной проблемы.

Показано, что в условиях неопределенностей роль системной инженерии в решении практических задач является определяющей в достижении целей системы за счет оперативного прогнозирования рисков, упреждающего выявления «узких мест» и определения рациональных способов снижения и удержания рисков в допустимых пределах. Место системной инженерии – везде, где возникает потребность в решении задач системного анализа и оптимизации, а также поиска и исследования новых практических идей и возможностей.

Выявлены и сформулированы 10 основных тенденций в системной инженерии, характеризующих важность управления рисками на ближайшую многолетнюю перспективу, это:

- 1) поворот к кардинальному совершенствованию мобилизационных возможностей государства для укрепления оборонно-промышленного комплекса и обороны страны;
- 2) расширенное практическое внедрение результатов технического прогресса для совершенствования и развития функциональных возможностей систем (с ожиданием

повышения качества, безопасности, эффективности систем, предсказуемости и устойчивости их функционирования, доступности по цене);

3) существенное усложнение систем, обострение проблематики информационной безопасности, широкое внедрение методов количественного прогнозирования рисков и обоснования упреждающих мер противодействия разнородным угрозам;

4) целенаправленная интеллектуализация систем и технологий (с необходимым обеспечением проверяемости, безопасности и доверия к интеллектуальным системам, объяснением и пониманием логики их действий);

5) заметное влияние цифровой трансформации на создаваемые системы, выпускаемую продукцию, стиль и методы работы людей;

6) переход промышленности на принципы и технологии индустрии 4.0 (с «умными» фабриками, киберфизическими системами, цифровыми двойниками и цепочками взаимодействующих инструментов и процессов);

7) построение нового социального общества и решение социальных проблем методами, базирующимися на интеграции реального физического мира с виртуальным киберпространством;

8) накопление и использование знаний для повышения качества, безопасности и эффективности систем и оптимизации управления предприятиями, проектами и системами;

9) разворот к системному решению проблем экологической безопасности и рационального природопользования;

10) реформирование профессиональной подготовки специалистов для эффективного решения проблем системной инженерии.

Установлено: по возможности необходимо упреждающее управление соответствующими рисками с учетом задаваемых требований при выполнении всех стандартизованных процессов:

– процессов соглашения – приобретения и поставки продукции и услуг;

– процессов организационного обеспечения проекта – управления моделью жизненного цикла, инфраструктурой, портфелем проектов, человеческими ресурсами, качеством, знаниями;

– процессов технического управления – планирования проекта, оценки и контроля проекта, управление решениями, рисками, конфигурацией, информацией, измерений, гарантии качества;

– технических процессов – анализа бизнеса или назначения, определения потребностей и требований заинтересованной стороны, определения системных требований, определения архитектуры, определения проекта, системного анализа,

реализации, комплексирования, верификации, передачи системы, аттестации, функционирования, сопровождения, изъятия и списания системы.

При создании и внедрении программных, технологических и методических решений, широко применимых для упреждающего управления рисками с использованием ВС и КС предложено руководствоваться следующими основными принципами:

- принципом системности, предполагающим наличие целеполагания и связанности в реализации системных процессов жизненного цикла в условиях создания, модернизации, развития, эксплуатации системы и выведения ее из эксплуатации;
- принципом сбалансированности эффектов в пределах допустимых рисков в условиях неопределенностей, возможных угроз и объективных ограничений для системы;
- принципом эффективного управления рисками, предполагающим оправданность деятельности по управлению рисками с учетом социально-экономических факторов (практическая деятельность по управлению рисками не может быть оправдана, если выгода от этой деятельности в целом не превышает вызываемого ею ущерба);
- прецедентным принципом для обоснования допустимых рисков в случае его предпочтительности в сравнении с ориентацией на систему-эталон или проект-эталон и др.

Все применяемые принципы при упреждающем управлении рисками в системной инженерии должны быть согласованы с принципом целенаправленности осуществляемых действий.

По результатам проведенного анализа осуществлена постановка научной проблемы.

Проведенный во 2-м разделе анализ показал, что возрастание потребностей системной инженерии, научно-технический прогресс в сфере информационных технологий и телекоммуникаций, устаревание программного обеспечения на фоне санкций стран Запада, осознание важности и масштабности моделирования с учетом практических особенностей привели к необходимости дальнейшего научного развития вероятностных моделей, создания усовершенствованных программных, технологических и методических решений в интересах упреждающего управления рисками для систем различного функционального назначения. При этом особый акцент сделан на моделировании стандартизованных процессов в жизненном цикле различных систем, а также на внедрении зарекомендовавших себя методов в национальные стандарты.

Для совершенствования математического обеспечения в интересах широкого применения моделирования в области системной инженерии:

- сформулирована и доказана Теорема 1 о существовании и сходимости прогнозных значений рисков, учитывающих различия во временах диагностики и восстановления целостности;

- предложена универсальная вспомогательная модель показателей (УВМП), используемая для извлечения знаний из процесса мониторинга данных и применимая для формирования исходных данных при моделировании систем различного назначения;
- сформулирована и доказана Теорема 2 об условиях существования прогнозной нижней оценки среднего остаточного времени на принятие упреждающих мер в недопущение возможного нарушения нормативного диапазона для значений критического параметра мониторируемого объекта и Следствие из нее;
- сформулирована и доказана Теорема 3 о среднем остаточном времени до нарушения нормативного диапазона для значений критического параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам;
- с помощью Теорем 1-3 сделано теоретическое обоснование возможностей аналитической композиции прогнозируемых рисков для сложных систем, интегрируемых из «черных ящиков»;
- сформулирована и доказана Теорема 4 о среднем остаточном времени до нарушения целостности сложной системы при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам.

Применение Теорем 1-4 и УВМП позволило осуществить теоретические усовершенствования существующих моделей и тем самым сформировать базовые модели математического обеспечения для анализа системных элементов, сложных систем и процессов в интересах широкого применения моделирования в области системной инженерии с использованием ВС и КС. На сформулированном пространстве элементарных событий в условиях различных неопределенностей предложено использовать следующие показатели, одинаково свойственные любого рода системам:

- риск нарушения рассматриваемого системного процесса как такового для реализации основных функциональных требований в течение задаваемого периода прогноза и риск нарушения рассматриваемого системного процесса с учетом дополнительных специфических системных требований в течение задаваемого периода прогноза;
- риск нарушения целостности моделируемой системы в течение задаваемого периода прогноза при реализации основных функциональных требований и риск нарушения дополнительных специфических требований к моделируемой системе в течение задаваемого периода прогноза;

- интегральный риск нарушения целостности моделируемой системы в течение задаваемого периода прогноза при реализации основных функциональных требований и дополнительных специфических требований;
- прогнозная нижняя оценка среднего остаточного времени на принятие упреждающих мер в недопущение возможного нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта;
- среднее остаточное время до возможного нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам и среднее остаточное время до возможного нарушения целостности сложной системы при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам.

Для расчета показателей предложено использовать комплексы программ для ЭВМ, созданные с участием автора в 2004-2018гг.

В 3-м разделе разработан концептуальный облик технологических решений для ВС и КС. Реализация предложенной концепции упреждающего управления рисками опирается на вероятностное моделирование, прогнозирование и оптимизацию для системного решения задач и обоснования возможных упреждающих действий в условиях неопределенности. В свою очередь прогнозирование базируется на мониторинге состояний, накоплении и рациональном использовании знаний, в т.ч. формируемых в режиме реального времени функционирования различных систем. Иллюстрация идеи аналитического комплексирования разработанных программных решений – см. рис. 2.

Показано, что при реализации предлагаемого подхода системный аналитик будет оперировать цифровым образом рассматриваемых систем в терминах прогнозных рисков. Отличие от существующих инструментариев – взгляд условно на 3 шага вперед, это – прогноз, рекомендации и обоснование решений для задач системной инженерии.

Предложен вариант послойного аналитического комплексирования разработанных программных решений на различных мета-уровнях. При этом многомодальное взаимодействие с источниками данных осуществляется с использованием: телеметрических данных от оборудования; данных, выбираемых из базы данных, учитывающей специфику приложений системы, в т.ч. в различных форматах данных, вводимых в формате программных решений базовых моделей.



Рис. 2 Иллюстрация идеи аналитического комплексирования разработанных программных решений

В интересах решения задач системной инженерии реализован мониторинг и прогноз риска нарушения приемлемого выполнения заданных процессов системной инженерии. В рамках созданных программно-технологических решений используются различные человеко-машинные интерфейсы, приспособленные для применения предложенных базовых моделей. Показано, что при этом осуществляются:

- в ЖЦ системы: информирование о системных требованиях к характеристикам системы, предоставление необходимых данных, учет условий и принятых ограничений;
- на этапах разработки, модернизации и развития системы: прогнозирование рисков, анализ альтернатив по результатам расчетов;
- на этапах эксплуатации и сопровождения системы: прогнозирование рисков, оценка критичности влияния различных параметров на поведение системы;
- при проектировании, выполнении, контроле и управлении процессами: реализации аналитических возможностей по выявлению существенных угроз и приемлемых условий для анализируемых процессов;
- при интеграции исследований на различных мета-уровнях: прогнозирование интегрального риска, в т.ч. для совокупности стандартных процессов в ЖЦ системы, обоснование условий удержания рисков в допустимых пределах.

Разработаны и описаны встроенные технологические возможности по предоставлению вероятностных прогнозов, доведенные до реализации в СДК ПБ на объектах опасного производства. Разработан программно-технологический «Модуль формирования отчетности по результатам вероятностного прогнозирования рисков для сложной системы с последовательным соединением элементов». В итоге применения предлагаемых технологических возможностей ответственному лицу СДК ПБ предоставляются аналитические отчеты, содержащие следующие показатели, рекомендованные ГОСТ Р 58494-2019 «Оборудование горно-шахтное. МФСБ. Система дистанционного контроля опасных производственных объектов»:

- прогнозируемое остаточное время на принятие и реализацию решения для предотвращения нарушения границ нормативного диапазона при каждом выходе значений параметра за границы рабочего диапазона;
- условные средние времена до выхода значений параметра за границы нормативного диапазона для условий, если оперативно реагировать на выходы значений параметров за границы рабочего диапазона и если не реагировать на эти отклонения;
- риски (вероятности) нарушения границ нормативного диапазона хотя бы по одному из контролируемых параметров за смену, сутки, неделю, месяц, год с учетом последствий.

Разработан «Модуль определения частоты возникновения угроз, времен развития угроз и восстановления в УВМП по ГОСТ Р 59349», позволяющий определять необходимые исходные данные для моделирования: частоту возникновения источников угроз, среднее время развития угроз и среднее время восстановления нарушенной целостности моделируемой системы. Показано, как эти исходные данные формируются автоматически из базы данных созданных СДК ПБ.

Сформирован прототип базы знаний для моделирования, позволяющий определять «достаточность» используемой статистики при формировании: частоты возникновения источников угроз, среднего времени развития угроз и среднего времени восстановления нарушенной целостности моделируемой системы формируются автоматически из БД с использованием разработанного «Модуля определения частоты возникновения угроз, времен развития угроз и восстановления в УВМП по ГОСТ Р 59349». Указаны способы повышения практической полезности прогнозирования остаточного временного ресурса в режиме реального времени функционирования СДК ПБ.

Создан прототип технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии, основанный на идеях информационно-логической, программной и технологической интеграции разработанных базовых моделей и программных решений (раздел 2), концептуального облика технологических решений для ВС и КС (подраздел 3.1),

предложенного способа аналитического комплексирования программных решений (подраздел 3.2), встроенных технологических возможностей по предоставлению вероятностных прогнозов (подраздел 3.3), сформированного прототипа базы знаний для моделирования (подраздел 3.4). Инфраструктура прототипа представляет собой совокупность программных модулей для подготовки данных для анализа, расчета и прогноза, мониторинга данных и аналитического обоснования рекомендаций.

Исходя из целей моделирования с помощью прототипа осуществляется анализ самой задачи системной инженерии для решения и последующая формализация системных требований с использованием созданного прототипа базы знаний. Далее с учетом среды моделирования (off-line, on-line или встроенное моделирование в АСУ ТП), исходя из цифрового описания моделируемой системы или аналога определяются необходимые исходные данные. С учетом специфики системы формируются сценарии возможных угроз и мер противодействия угрозам. После этого осуществляется моделирование, оформление и выдача результатов расчетов с предоставлением соответствующих рекомендаций по решению задачи системной инженерии с необходимыми прогнозом и обоснованием.

Практическое использование прототипа поддерживается разработанной программой для ЭВМ – «Моделью технологической поддержки риск-ориентированной системной инженерии», организационно (и в ряде случаев – програмно) скомплексированном с другими разработанными с участием автора программами для ЭВМ.

На идеях информационно-логической, программной и технологической интеграции разработанных моделей и программных решений, концептуального облика технологических решений для ВС и КС, предложенного способа комплексирования программных решений, встроенных технологических возможностей по предоставлению вероятностных прогнозов, сформированного прототипа базы знаний создан прототип технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии – см. рис. 3.



Рис. 3 Иллюстрация созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии

Инфраструктура прототипа представляет собой совокупность клиент-серверных программных модулей, ориентированных на подготовку данных для анализа, расчет и прогноз, мониторинг данных и аналитическое обоснование рекомендаций. Исходя из целей моделирования с помощью прототипа осуществляется анализ самой задачи системной инженерии для решения и последующая формализация системных требований с использованием созданного прототипа базы знаний. Далее с учетом среды моделирования (off-line, on-line или встроенное моделирование в АСУ ТП), исходя из цифрового описания моделируемой системы или аналога определяются необходимые исходные данные. С учетом специфики системы формируются сценарии возможных угроз и мер противодействия угрозам. После этого осуществляется моделирование, оформление и выдача результатов расчетов с предоставлением соответствующих рекомендаций по решению задачи системной инженерии с необходимыми прогнозом и обоснованием.

Укрупненный алгоритм практического применения созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии для общего случая приведен на рис. 4.

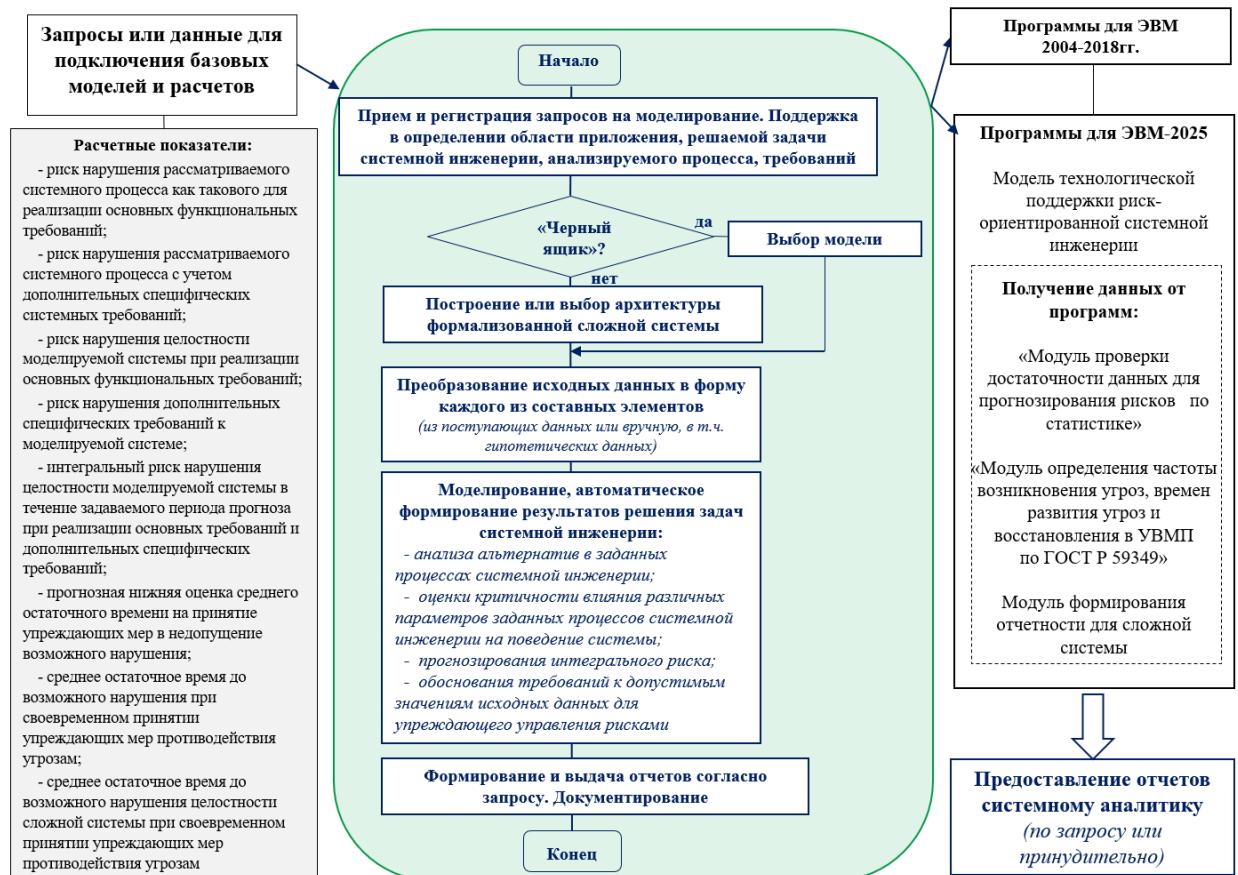


Рис. 4 Укрупненный алгоритм практического применения созданного прототипа для общего случая

Ряд созданных технологических возможностей продемонстрирован на практических примерах.

В 4-м разделе осуществлена научная проработка вопросов методического использования созданных программных и технологических решений для прогнозирования и упреждающего управления рисками в жизненном цикле систем.

Разработаны типовая методика прогнозирования рисков нарушения целостности моделируемой системы, представимой в виде «черного ящика», и типовая методика прогнозирования рисков нарушения целостности сложной моделируемой системы, применимые в жизненном цикле систем различного назначения.

Разработан инженерный подход к определению границ рабочего диапазона критичных параметров мониторируемого объекта. С инженерной точки зрения применение этого подхода дополнительно подтвердило и проиллюстрировало корректность аргументации доказанной в разделе 2 Теоремы 3 (о среднем остаточном времени до нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам).

Результативность разработанных типовых методик и инженерного подхода продемонстрировано применением созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии на примерах исследований функционирования гипотетической угольной шахты, включая:

- сравнение ручного контроля расхода воды в системе водоотлива с автоматическим контролем и восстановлением водного баланса с использованием системы дистанционного контроля (СДК);
- определение границ рабочего диапазона критичных параметров контролируемого оборудования;
- прогнозирование рисков нарушения промышленной безопасности главной вентиляторной установки (ГВУ) шахты и утраты работоспособности ГВУ для трех случаев управления: без принятия каких-либо мер противодействия угрозам, принятия мер в рамках системы контроля без использования возможностей СДК и с осуществлением требуемых или рекомендуемых мер противодействия угрозам с использованием СДК. Так, количественно обосновано, что для ГВУ использование возможностей СДК позволяет в сотни раз снизить существующие риски критичных нарушений ПБ и риски утраты работоспособности за сутки;
- прогнозирование рисков нарушения ПБ на опасном производственном объекте, рассматриваемом как сложная система, когда в качестве мониторируемых подсистем выступают комплексы главных вентиляторных установок, модульных дегазационных установок, газоотсасывающих установок.

По многолетним данным опытной эксплуатации прототипа с применением разработанных методик проведен анализ надежности функционального использования самого созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии (т.е. прототип применен для системного анализа самого себя). Результаты проведенного самоанализа подтвердили надежность применения созданного прототипа.

В 5-м разделе разработаны рекомендации по снижению и удержанию рисков в допустимых пределах в жизненном цикле различных систем на основе применения возможностей созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии.

Продемонстрирован способ логического преобразования изначального вербального описания сложной системы к формализованному виду, позволяющему использовать предложенные в диссертации вероятностные модели, программные, технологические и методические решения для ВС и КС. В качестве системы без ограничения общности рассмотрен технический облик гипотетической многоуровневой системы управления рисками в интересах обеспечения энергетической безопасности согласно "Доктрине энергетической безопасности Российской Федерации". Сведение вербального описания сложной системы к формализованному виду позволило применить возможности созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии для формальной постановки и дальнейшего решения практических задач:

- минимизации риска нарушения надежности обеспечения энергетической безопасности макрорегиона государства или отдельно взятого субъекта энергетической безопасности в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) при ограничениях на отдельные допустимые риски реализации критичных угроз (для конкретных объектов и процессов), ресурсы и общие затраты на реализацию планов и при иных ограничениях;
- минимизации общих затрат на реализацию кратко-, средне- и/или долгосрочных планов при ограничениях на допустимый риск надежности обеспечения энергетической безопасности макрорегиона государства или отдельно взятого субъекта энергетической безопасности в ТЭК, на отдельные допустимые риски реализации критичных угроз (для конкретных объектов и процессов), ресурсы и при иных ограничениях;
- комбинации перечисленных выше или иных оптимизационных задач применительно к макрорегиону или отдельно взятому субъекту энергетической безопасности в ТЭК.

Результаты решения этих задач рекомендовано использовать для обеспечения баланса по критерию «эффективность – стоимость» при кратко-, средне- и/или долгосрочном планировании на уровне макрорегиона государства или отдельно взятого субъекта

энергетической безопасности.

Применение разработанных программных, технологических и методических решений для ВС и КС и интерпретация получаемых результатов прогнозирования рисков в приложении к сопровождаемым цифровым двойникам (на примере фрагментов магистральной трубопроводной сети) обеспечило прослеживаемость и аналитическую зависимость прогнозных рисков от влияющих факторов. Это открыло важные прагматические возможности для системного обоснования и дополнения технических мер, востребуемых по итогам регулярного диагностирования объекта, и обеспечило повышение безопасности его эксплуатации в условиях природных, технических, экономических и иных ограничений. За счет использования возможностей созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии проведение расчетов возможно не только за автоматизированным рабочим местом ВС в стационарных условиях, но и в полевых условиях, где возможно подключение к компьютерной сети.

Применение разработанных типовых методик и инженерного подхода продемонстрировано на примерах моделирования многомодального взаимодействия социокиберфизических систем в жизненном цикле обогатительной фабрики в угольной отрасли для изыскания путей усовершенствования (первооружения) системы вентиляции, аспирации и пылеподавления, позволившее обосновать комплекс приемлемых условий к системе, соблюдение которых позволит удерживать частные и интегральный риски в допустимых пределах. Так, результаты расчетов позволили выявить «узкие места» и спрогнозировать снижение рисков на основе первооружения (интегральный риск за год эксплуатации снизится на 33% с существующего уровня 0.574 до 0.433, среднее время до нарушения целостности системы возрастет почти на год – с нынешних 11.1 до 12 лет). Вместе с тем, выявлен явный дисбаланс в системе после первооружения – на самом деле расчетные 12 лет до нарушения набираются за счет сверхнадежной работы новых основных фондов, оставляя опасность «человеческого фактора» на прежнем уровне, т.е. обнаруженный эффект – только технический, но далеко не системный. Дополнительные системные исследования позволили обосновать взаимосвязанный комплекс приемлемых условий к системе вентиляции, аспирации и пылеподавления, соблюдение которых позволит удерживать частные и интегральный риски в допустимых пределах.

С использованием предложенных базовых моделей на примерах управления рисками для обеспечения качества хранимого зерна была выявлена закономерность: если условия хранения не допускают возникновения рассадников насекомых чаще, чем раз в неделю, вероятность сохранения качества хранимого зерна за 3-6 лет в 3-5 раз превышает вероятность потери качества. Результаты многолетних исследований ВНИИ Зерна

подтвердили адекватность такого вывода. Тем самым результаты проведенных исследований в сравнении с результатами иных специализированных исследований (ВНИИ Зерна) явились дополнительной аргументацией в подтверждение адекватности разработанных математических и программных решений в различных их приложениях.

Продемонстрирована способность расширения аналитических возможностей созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии путем добавления другой модели. Так, разработаны вероятностные модели для оценки частных рисков невыявления некорректностей в машинном обучении (дообучении) при разработке и эксплуатации программных средств для систем искусственного интеллекта в условиях актуальных угроз подмены моделей машинного обучения (УБИ.222 по классификации ФСТЭК России) и их модификации путем искажения («отравления») обучающих данных (УБИ.221). Интегральный риск предложено оценивать через виртуальный показатель риска нарушения корректности машинного обучения в условиях рассматриваемых угроз в течение задаваемого периода прогноза в зависимости от рисков невыявления некорректностей в машинном обучении (дообучении) при разработке и эксплуатации программных средств, а через них – в зависимости от исходных данных, обеспечивающих расчет соответствующих рисков. Работоспособность предложенного подхода подтверждена количественными примерами.

Разностороннее использование возможностей созданного прототипа технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии продемонстрировано на решении вопросов удержания в допустимых пределах рисков разрушения бизнеса применительно к фармацевтическому предприятию на этапах его проектирования и эксплуатации. Количество доказано, что эффективность активного управления со стороны Руководства предприятия соизмерима с использованием мер дополнительного резервирования действий применительно ко всем службам организационного управления. Сформулированы условия, определяемые главным образом самими работниками предприятия (их ответственностью и широкой квалификацией для резервирования действий, формализуемыми временными характеристиками) при активном управлении и эффективной поддержке со стороны Руководства предприятия. Показано, что с высокой вероятностью именно соблюдение этих условий обеспечит сохранение бизнеса в долговременной перспективе.

Основными направлениями развития системной инженерии с использованием научных результатов диссертации для достижения целей государственной политики и эффективного решения задач в сфере обеспечения национальной безопасности определены:

- сосредоточение научно-технических усилий на достижении целей обеспечения требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития сложных систем;
- предоставление возможностей прогнозирования и рационального управления рисками в стандартных процессах жизненного цикла систем, совершенствование и накопление статистики и знаний, выявление общих аналитических закономерностей в интересах РФ;
- расширение на все решаемые задачи функциональных возможностей созданных моделей и методов системной инженерии, программных, технологических и методических решений по аналитическому прогнозированию и рациональному управлению рисками, межприкладное применение баз данных и баз знаний, выявленных общих аналитических закономерностей в интересах Российской Федерации;
- трансформация существующего подхода к созданию и использованию моделей и методов системной инженерии, ориентированных на конкретную систему, в технологию искусственного интеллекта поддержки принятия логичных решений, подтверждаемых прогнозными исследованиями по достижению требуемых безопасности, качества, сбалансированных эффектов и устойчивого функционирования и развития систем различного функционального назначения.

В приложениях приведены доказательства сформулированных теорем, копии свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, акты о реализации результатов работы.

В **заключении** сформулированы основные результаты проведенных исследований. В приложении к применению в вычислительных системах и компьютерных сетях изложены новые научно обоснованные программные, технологические и методические решения, реализованные в рамках созданного прототипа технологии риск-ориентированной системной инженерии. Внедрение полученных в диссертации результатов вносит значительный вклад в развитие процессов цифровой трансформации в различных отраслях народного хозяйства, а именно:

- изложенные новые научно обоснованные программные и технологические решения для ВС и КС обеспечивают интеграцию существующих и усовершенствованных базовых моделей, создание и ведение прототипа базы знаний для моделирования в ЖЦ систем различного функционального назначения, за счет чего достигается расширение аналитических возможностей по прогнозированию и упреждающему управлению рисками;
- изложенные новые методические решения задач системной инженерии позволяют в отличие от существующих подходов стандартизованным способом широко применять с использованием ВС и КС усовершенствованные вероятностные модели и разработанные

программные и технологические решения, интерпретировать результаты прогнозирования рисков, извлекать в условиях разнородных неопределенностей знания о достижимых прагматических эффектах и обосновывать рекомендации по упреждающему управлению рисками, снижению и удержанию рисков в допустимых пределах.

1. Созданный комплекс новых программных и технологических решений для ВС и КС охватывает: решения по программной инфраструктуре глобально распределенного прогнозирования рисков и моделированию процессов; комплексы программ моделирования систем для прогнозирования рисков, выявления угроз, анализа альтернатив и обоснования системных требований к характеристикам процессов; прототип базы знаний для подготовки исходных данных для моделирования и поддержки принятия аналитических решений на стадиях жизненного цикла систем; технологические решения по интеграции моделей и созданных комплексов программ, обеспечивающие реализацию новых аналитических возможностей по вероятностному прогнозированию и упреждающему управлению рисками.

2. Созданные программные и технологические решения характеризуются следующими научно-техническими аспектами:

1) для совершенствования математического обеспечения в интересах широкого применения моделирования в области системной инженерии сформулированы и доказаны четыре теоремы (Теорема 1 о существовании и сходимости прогнозных значений рисков, учитывающих различия во временах диагностики и восстановления целостности, Теорема 2 об условиях существования прогнозной нижней оценки среднего остаточного времени на принятие упреждающих мер в недопущение возможного нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта и Следствие из нее, Теорема 3 о среднем остаточном времени до нарушения нормативного диапазона для значений критичного параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам, Теорема 4 о среднем остаточном времени до нарушения целостности сложной системы при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам), внедрена универсальная вспомогательная модель показателей (УВМП) для извлечения знаний из процесса мониторинга данных и применимая для формирования исходных данных при моделировании систем различного функционального назначения. Применение Теорем 1-4 и УВМП позволило осуществить теоретические усовершенствования существующих моделей и тем самым сформировать базовые модели математического обеспечения для анализа системных элементов, сложных систем и процессов в интересах широкого применения моделирования в приложениях системной инженерии с использованием ВС и КС. Эти усовершенствования математического

обеспечения реализованы в программных решениях и ориентированы на использование предложенных базовых моделей для осуществления целенаправленного моделирования в ЖЦ систем;

2) для упреждающего управления рисками в приложениях системной инженерии предложен комплекс программ для ЭВМ, созданных с участием автора в 2004-2025гг. (в т.ч. три – без соавторов), в частности:

«Моделирование процессов в жизненном цикле систем «Моделирование процессов»

- «ноу-хау»» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2004610858);

«Программно-инструментальный комплекс оценки качества функционирования информационных систем через Интернет «КОК-Интернет» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008612348);

«Программно-вычислительный комплекс оценки качества производственных процессов» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010614145);

«Удаленная аналитическая поддержка информирования о вероятностно-временных показателях функционирования системы и ее элементов при реализации рискоориентированного подхода» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018617949);

«Удаленное обоснование требований к средствам и условиям обеспечения качества функционирования «умных» систем» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018618572);

«Удаленное вероятностное прогнозирование качества функционирования информатизированных систем» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018618686);

«Модуль определения частоты возникновения угроз, времен развития угроз и восстановления в универсальной вспомогательной модели показателя (УВМП) по ГОСТ Р 59349-2021» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025691688);

«Модуль формирования отчетности по результатам вероятностного прогнозирования рисков для сложной системы с последовательным соединением элементов» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025692461);

«Модуль проверки достаточности данных для прогнозирования рисков по статистике» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025691689);

«Модель технологической поддержки риск-ориентированной системной инженерии»
(Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025692231);

3) встроенные технологические возможности по предоставлению обобщенных и детальных вероятностных прогнозов доведены до реализации в системах дистанционного контроля промышленной безопасности (СДК ПБ) на объектах опасного производства, обеспечивая ответственное лицо аналитическими отчетами по результатам моделирования в режиме реального времени согласно ГОСТ Р 58494-2019;

4) создан прототип технологии поддержки риск-ориентированной системной инженерии, основанный на новых программных и технологических решениях для ВС и КС, поддерживающий информационно-логическую, программную и технологическую интеграцию разработанных базовых моделей и программных решений для ВС и КС и обеспечивающий путем моделирования упреждающее выявление «узких мест» и определение рациональных способов снижения и удержания рисков в допустимых пределах на стадиях жизненного цикла систем различного функционального назначения в условиях реальных и гипотетических вызовов и угроз, а также оформление и выдачу результатов расчетов с предоставлением соответствующих рекомендаций по решению задач системной инженерии.

3. Для ВС и КС разработаны методические решения, включающие:

– «Типовую методику прогнозирования рисков нарушения целостности моделируемой системы, представимой в виде «черного ящика», на различных метауровнях»;

– «Типовую методику прогнозирования рисков нарушения целостности сложной моделируемой системы»;

– инженерный подход к определению границ рабочего диапазона критичных параметров мониторируемого объекта, проиллюстрировавший корректность аргументации доказанной Теоремы 3 (о среднем остаточном времени до нарушения нормативного диапазона для значений критического параметра мониторируемого объекта при своевременном принятии упреждающих мер противодействия угрозам).

Работоспособность программных, технологических и методических решений продемонстрирована на примерах исследований функционирования гипотетичной угольной шахты.

4. Предложенные основные положения по моделированию систем, прогнозированию и упреждающему управлению рисками реализованы в качестве основы методических рекомендаций национальных стандартов по информационным технологиям, системной и программной инженерии. Предложенные вероятностные модели и методы реализованы в

2019 г. в национальном стандарте ГОСТ Р 58494, в 2021 г. в 18 национальных стандартах системной инженерии: ГОСТ Р 59329, ГОСТ Р 59331, ГОСТ Р 59333, ГОСТ Р 59334, ГОСТ Р 59335, ГОСТ Р 59336, ГОСТ Р 59337, ГОСТ Р 59338, ГОСТ Р 59339, ГОСТ Р 59341, ГОСТ Р 59342, ГОСТ Р 59347, ГОСТ Р 59349, ГОСТ Р 59353, ГОСТ Р 59354, ГОСТ Р 59355, ГОСТ Р 59356, ГОСТ Р 59357. Стандартизованные усовершенствованные модели, методы и методические решения внедрены в практику работы национального технического комитета ТК22 «Информационные технологии».

5. На основе применения предложенных программных, технологических и методических решений разработаны рекомендации по снижению и удержанию рисков в допустимых пределах в жизненном цикле систем различного функционального назначения. Получаемые эффекты разъяснены на десятках практических примеров упреждающего управления рисками в приложениях системной инженерии.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Нистратов, А.А. Математическое моделирование стандартизованных процессов через Интернет для управления качеством и рисками / А.А. Нистратов, Г.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Информатизация и связь. 2009, №3 , с. 29-39 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 50%)
2. Попов, В.М. Вероятностный прогноз нарушения безопасности функционирования типовой системы инженерного обеспечения предприятия / В.М. Попов, А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов [и др.] - Текст: непосредственный // Системы высокой доступности. 2011г. №3. с. 48-60 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 20%)
3. Kostogryzov, A. Risks Prediction and Processes Optimization for Complex Systems on the Base of Probabilistic Modeling / A. Kostogryzov, P. Stepanov, A. Nistratov [etc.] // Proceedings of the 2016 International Conference on Applied Mathematics, Simulation and Modelling (AMSM2016), May 28-29, 2016, Beijing, China, pp. 186-192. Copyright © 2016. The authors - Published by Atlantis Press www.dropbox.com/s/a4zw1yds8f4ecc5/AMSM2016%20Full%20Proceedings.pdf?dl=0 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 15%)
4. Бордюже, В.В. Импортозамещение программного обеспечения в нефтегазовом комплексе и пути решения возникающих проблем на принципах системной инженерии. / В.В. Бордюже, Л.И. Григорьев, А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов. - Текст: непосредственный // Управление качеством в нефтегазовом комплексе, 2016, №1, с. 20-26 (участие – адаптация принципов системной инженерии для нефтегазового комплекса – 15%)
5. Artemyev V. Probabilistic methods of estimating the mean residual time before the next parameters abnormalities for monitored critical systems. // Artemyev V., Kostogryzov A., Nistratov A.

[etc.] - Proceedings of the 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICRS- 2017), December 20-22, 2017, Milan, Italy, pp. 368-373 <http://www.icsrs.org/> (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 15%)

6. Нистратов, А.А. Прогнозирование времени до нарушения целостности системных элементов в условиях неопределенности / А.А. Нистратов А.А., Г.А. Нистратов - Текст: электронный // ИТ-Стандарт, 2017 №4. https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=105

7. Julina, S. The probabilistic analysis of the remote monitoring systems of critical infrastructure safety. / S. Julina, T. Kuznetsova,...A. Nistratov [etc.] // Journal of Polish Safety and Reliability Association. Summer Safety and Reliability Seminars, Volume 8, Number 1, 2017, pp. 183-188 <http://jpsra.am.gdynia.pl/archives/jpsra-2017-contents/> (участие – адаптация моделей, подготовка и расчет примеров на моделях – 20%)

8. Kostogryzov, A. Probabilistic modelling processes of mutual monitoring operators actions for transport systems /A. Kostogryzov,...G.Nistratov A. Nistratov [etc.]//Proceedings of the 4th International Conference on Transportation Information and Safety,ICTIS2017, Canada, Banff. pp. 865-871 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 15%)
<https://www.engineeringvillage.com/search/expert.url?SEARCHID=322d8752M18f5M4bfeM9f03Mfa2c59de2491&COUNT=1&usageOrigin=&usageZone=>

9. Жулина, С.А. Вероятностный анализ качества функционирования систем дистанционного контроля промышленной безопасности. / С.А. Жулина, ...А.А. Нистратов, Г.А. Нистратов [и др.] - Текст: непосредственный // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности № 6, 2017, с. 11-19 (участие – адаптация моделей, подготовка и расчет примеров на моделях – 20%)

10. Kershenbaum, V. Probabilistic modeling in system engineering. Probabilistic modeling processes for oil and gas systems. - монография / V. Kershenbaum, L. Grigoriev, P. Kanygin, A. Nistratov : IntechOpen, 2018: 55-79. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74963> (участие – адаптация программ, подготовка и расчет примеров на моделях – 35%)

11. Kostogryzov, A. The Approach to Probabilistic Prediction of Pipelines Safety for Quantitative Rationale Preventive Measures of Control during Design and Operation. / A. Kostogryzov,..., S. Golovin, A. Nistratov [etc.] // Advances in Intelligent Systems Research. 2019, Volume 165, pp. 158-161. DOI: <https://doi.org/10.2991/smont-19.2019.35>, <https://www.atlantis-press.com/proceedings/smont-19/55917637> (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 15%)

12. Kostogryzov, A. Probabilistic data analysis for predicting mean time before critical integrity losses of complex system when explicit quantitative requirements to integrity are not specified. / A. Kostogryzov, A. Nistratov, G. Nistratov // 12-th International Conference “Computer Data Analysis &

Modeling" (CDAM 2019). Stochastics and Data Science. Minsk, Belarus, September 18-22, 2019, pp. 203-206. <http://www.cdam.bsu.by> (участие – разработка программ, подготовка и расчет примеров на моделях – 35%)

13. Kostogryzov A. Estimation of stakeholders satisfaction in application to socially significant systems. / A. Kostogryzov A., V. Panov,...A. Nistratov [etc.] // Proceedings of the 6th Inter-national Conference Actual Problems of System and Software Engineering (APSSE 2019), Moscow, Russia, 12-14 November, 2019, pp. 10-16. Published by the IEEE Computer Society. Doi:10.1109/APSSE47353.2019.00008 23760 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 25%)

14. Kostogryzov, A. Probabilistic analysis of projects viability. / A. Kostogryzov, O. Atakishchev,... A. Nistratov [etc.] // Proceedings of the 6th International Conference Actual Problems of System and Software Engineering (APSSE 2019), Moscow, Russia, 12-14 November, 2019, Vol-2514, pp. 56-65. <http://ceur-ws.org/Vol-2514/paper27.pdf> , <http://ceur-ws.org/Vol-2514/> 23760 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 25%)

15. Kostogryzov, A. Probabilistic Comparisons of Systems Operation Quality for Uncertainty Conditions / A. Kostogryzov, P. Kanygin, A. Nistratov // Reliability: Theory & Applications. – 2020. – Vol. 15, No. 1(56). – P. 63-73. – DOI 10.24411/1932-2321-2020-11007. – EDN OHSZWW 23760 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 35%)

16. Нистратов, А. А. Подход к интеграции разнородных рисков на примере анализа целей, задач и угроз по доктрине энергетической безопасности / А.А. Нистратов // Безопасные информационные технологии : Сборник трудов Одиннадцатой международной научно-технической конференции, Москва, 06–07 апреля 2021 г. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2021. – С. 255-262. – EDN VRTUDP

18 Авдонин, Р. Ю. Вероятностная оценка рисков для реализации процесса управления человеческими ресурсами системы / Р.Ю. Авдонин, А.И. Костогрызов А.И., А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Безопасные информационные технологии : Сборник трудов Одиннадцатой международной научно-технической конференции, Москва, 06–07 апреля 2021 г. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2021.–С. 2-11.–EDN ZAEYCS 23760 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 30%)

19. Авдонин, Р. Ю. Методы анализа рисков для процесса управления знаниями о системе / Р.Ю. Авдонин, А.И. Костогрызов А.И., А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Безопасные информационные технологии : Сборник трудов Одиннадцатой международной научно-технической конференции, Москва, 06–07 апреля 2021 г. – Москва: Московский

государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2021. – С. 12-19. – EDN KLQWSF 23760 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 25%)

20. Kostogryzov, A.I. The estimation of probabilistic risks for the performance of system human resource management process / A.I. Kostogryzov, R.Y. Avdonin, A.A. Nistratov // CEUR Workshop Proceedings: BIT 2021 - Selected Papers of 11th International Scientific and Technical Conference on Secure Information Technologies, Moscow, 06–07 апреля 2021 г. – CEUR: CEUR, 2021. – P. 76-87. – EDN VSJMVK (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 35%)

21. Зацаринный, А.А. Приоритетные направления развития системной инженерии, предусматривающие применение риск-ориентированного подхода / А.А. Зацаринный, А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов – Текст электронный // ИТ-Стандарт. – 2021. – № 4(29). – С. 23-37. – EDN FXJOMR https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=243 (участие – анализ тенденций – 40%)

22. Нистратов, А. А. Аналитическое прогнозирование интегрального риска нарушения приемлемого выполнения совокупности стандартных процессов в жизненном цикле систем высокой доступности. Часть 1. Математические модели и методы / А. А. Нистратов - Текст: непосредственный // Системы высокой доступности. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 16-31. – DOI: 10.18127/j20729472-202103-02. – EDN ZTCLJK

23. Нистратов, А.А. Аналитическое прогнозирование интегрального риска нарушения приемлемого выполнения совокупности стандартных процессов в жизненном цикле систем высокой доступности. Часть 2. Программно-технологические решения. Примеры применения / А. А. Нистратов - Текст: непосредственный // Системы высокой доступности. – 2022. – Т. 18. – № 2. – С. 42-57. – DOI 10.18127/j20729472-202202-03. – EDN OVKLYJ (участие – подготовка примеров на моделях – 35%)

24. Нистратов, А. А. Математические методы проактивного управления интегральными рисками при использовании стандартных процессов системной инженерии / А.А. Нистратов - Текст: электронный // ИТ-Стандарт. – 2022. – № 1(30). – С. 33-50. – EDN BTUKDT https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=248

25. Kostogryzov, A. Methodical rationale of system solutions to reduce risks and retain them within acceptable limits for knowledge management process / A.I. Kostogryzov, R.Y. Avdonin, A.A. Nistratov // RTA&A No4(71), Vol. 17, December 2022, pp. 50-54 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 40%)

26. Нистратов, А. А. О математических, программно-технологических и методических решениях, ориентированных на рациональное управление рисками в системной инженерии / А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов:

проблемы управления рисками и обеспечения безопасности социально-экономических и социально-политических систем и природно-техногенных комплексов : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26–27 апреля 2022 г. / Российская академия наук, Международный независимый эколого-политологический университет, Государственный университет управления. Том Выпуск 1. – Москва: Государственный университет управления, 2022. – С. 251-255. – EDN KHPYGC.

27. Костогрызов, А.И. Анализ угроз злоумышленной модификации модели машинного обучения для систем с искусственным интеллектом. / А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Вопросы кибербезопасности. 2023, №5. С. 9-24 DOI:10.21681/2311-3456-2023-5-9-24 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 50%)

28. Нистратов, А.А. Вероятностное моделирование сопровождаемого цифрового двойника фрагментов магистральной трубопроводной сети для упреждающего противодействия природным угрозам. / А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Материалы XXVI Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2023)». 25–29 сент. 2023 г., Москва / под общ. ред. В.М. Вишневского, К.Е. Самуйлова; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук. –Москва : ИПУ РАН, 2023. С. 132-139.

29. Нистратов, А.А. Об архитектурных решениях, ориентированных на прогнозирование и рациональное управление рисками в системной инженерии / А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Материалы XXVI Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2023)». 25–29 сент. 2023 г., Москва / под общ. ред. В.М. Вишневского, К.Е. Самуйлова; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук. –Москва : ИПУ РАН, 2023. С. 139-146

30. Kostogryzov, A. Probabilistic predictive modeling for complex system risk assessments – раздел в монографии / A. Kostogryzov, N. Makhutov, A. Nistratov, G. Reznikov. - Time Series Analysis - New Insights. IntechOpen, 2023, pp. 73-105.
<http://mts.intechopen.com/articles/show/title/probabilistic-predictive-modelling-for-complex-system-risk-assessments> (участие – подготовка и расчет примеров – 25%)

31. Нистратов, А.А. Прогнозирование рисков по цифровому двойнику, сопровождаемому в процессе промышленной эксплуатации объекта / А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Сборник материалов конференции «Кибернетика и информационная безопасность». МИФИ, 2023. С.92-93

32. Нистратов, А.А. Человеко-машинный интерфейс для прогнозирования и рационального управления рисками в системной инженерии. / А.А. Нистратов - Текст:

непосредственный // Сборник трудов XII международной научно-технической конференции "Безопасные информационные технологии", М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, С. 161-165 ISBN 978-5-6045553-8-5

33. Нистратов, А.А. Об ожиданиях, ограничениях и прикладных возможностях стандартизованных моделей и методов прогнозирования рисков в системной инженерии / А. А. Нистратов - Текст: электронный // ИТ-Стандарт. – 2024. – № 3(40). – С. 31-51. https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=313

34. Костогрызов, А.И. Методический подход к вероятностному прогнозированию и сравнению качества функционирования систем в условиях неопределенности / А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Надежность. 2024. №1. С. 10-24 <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2024-24-1-10-24> (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 50%)

35. Костогрызов, А.И. Методические положения по вероятностному прогнозированию качества функционирования информационных систем. Часть 1. Общий подход / А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов - Текст: непосредственный // Правовая информатика, 2024, №3, с. 13-31 DOI: 10.24682/1994-1404-2024-3-13-31 (участие – теоретическое обоснование – 40%)

36. Костогрызов, А.И. Методические положения по вероятностному прогнозированию качества функционирования информационных систем. Часть 2. Моделирование с использованием «черных ящиков» / А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов, П.Е. Голосов - Текст: непосредственный // Вопросы кибербезопасности, 2024, №6, с. 3-28 DOI: 10.21681/2311-3456-2024-6-2-27 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 50%)

37. Нистратов, А.А. Анализ тенденций в развитии системной инженерии / Костогрызов А.И., Нистратов А.А. // ИТ-стандарт : электронный журнал. - 2024, №3, - с. 4-20 https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=315 (дата обращения: 15.10.2025) - Текст: электронный. (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 50%)

38. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок "Национальная безопасность". Системная инженерия в проблемах национальной безопасности : монография / А. В. Анищенко, ...А.А. Зацаринный, ..., А.А. Нистратов [и др.]. Научный рук. – Махутов Н.А. - Москва: МГОФ «Знание», 2025. - 904 с. – ISBN 978-5-87633-211-0. - Текст: непосредственный. (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 10%)

39. Костогрызов, А.И. Методические положения по вероятностному прогнозированию качества функционирования информационных систем. Часть 3. Моделирование сложных систем. Интегральный анализ / А.И. Костогрызов, А.А. Нистратов, П.Е. Голосов - Текст: непосредственный // Вопросы кибербезопасности, 2025, №2, с. 2-19. DOI: 10.21681/2311-3456-

2025-2-2-19 (участие – подготовка и расчет примеров на моделях – 40%)

40. Нистратов, А.А. О вероятностных моделях, программных, технологических и методических решениях для рационального управления рисками в системной инженерии / А. А. Нистратов - Текст: электронный // ИТ-Стандарт. – 2025. – № 1(42). – С. 23-49. https://itstd-journal.ru/?page_id=1080&article=329

41. Зацаринный, А. А. О перспективных программно-технологических решениях для прогнозирования рисков в интеллектуальных системах управления и связи / А. А. Зацаринный, А. А. Нистратов – Текст : электронный // Радиолокация, навигация, связь : Сборник трудов XXXI Международной научно-технической конференции. В 6-ти томах, Воронеж, 15–17 апреля 2025 г. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2025. – С. 290-297. – EDN NEIRQK (участие – примеры 50%)

ОСНОВНЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

1. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А., Нистратова Е.Н. Моделирование процессов в жизненном цикле систем "Моделирование процессов" - "ноу-хау" // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2004610858. (участие – разработка программных модулей, тестирование – 20%)

2. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А. и др. "Программно-инструментальный комплекс оценки качества функционирования информационных систем через Интернет «КОК-Интернет» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008612348. (участие – разработка программных модулей, тестирование – 20%)

3. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А., Нистратова Е.Н. Программно-вычислительный комплекс оценки качества производственных процессов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614145. . (участие – разработка программных модулей, тестирование – 30%)

4. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А. Удаленная аналитическая поддержка информирования о вероятностно-временных показателях функционирования системы и ее элементов при реализации риск-ориентированного подхода. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018617949. (участие – разработка программных модулей, тестирование – 35%)

5. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А. Удаленное обоснование требований к средствам и условиям обеспечения качества функционирования «умных» систем. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018618572 . (участие – разработка программных модулей, тестирование – 40%)

6. Костогрызов А.И., Нистратов А.А., Нистратов Г.А. Удаленное вероятностное

прогнозирование качества функционирования информатизированных систем. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018618686 (участие – разработка программных модулей, тестирование – 60%)

7. Нистратов А.А. Модуль определения частоты возникновения угроз, времен развития угроз и восстановления в универсальной вспомогательной модели показателя (УВМП) по ГОСТ Р 59349-2021 // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025691688 (заявка на регистрацию программы для ЭВМ: 6390301103, 2025)

8. Нистратов А.А. Модуль формирования отчетности по результатам вероятностного прогнозирования рисков для сложной системы с последовательным соединением элементов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025692461 (заявка на регистрацию программы для ЭВМ: 6388313200, 2025)

9. Нистратов А.А. Модуль проверки достаточности данных для прогнозирования рисков по статистике // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025691689 (заявка на регистрацию программы для ЭВМ: 6389115593, 2025)

10. Нистратов А.А. Модель технологической поддержки риск-ориентированной системной инженерии // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025692231 (заявка на регистрацию программы для ЭВМ: 6390605370, 2025)