

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу
Пруса Михаила Юрьевича на тему
«Математическое моделирование структуры и динамики многокомпонентных
рисков в социотехнических системах», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ»

Актуальность темы диссертационного исследования

Природные, техногенные и антропогенные риски являются объектами с достаточно сложной структурой, при моделировании которой необходимо учитывать закономерности развития кризисных ситуаций и функционирования систем обеспечения безопасности (СОБ), свойства объектов защиты (ОЗ) и влияние опасных факторов (ОФ). Обеспечение безопасности социотехнических систем, в соответствии с концепцией риск-ориентированного управления, предполагает организацию процессов прогнозирования ущерба с качественно различающимися составляющими, связанными с фактически несопоставимыми признаками. При этом применение скалярных форм представления рисков, становится неэффективным, а применение методов векторной оптимизации требует детального исследования так называемых «многокомпонентных рисков» в рамках определенных детерминированных, либо стохастических моделей.

Актуальность тематики исследования обусловлена его общей направленностью на создание математического инструментария, предназначенного для исследования структуры и динамики «многокомпонентных рисков», который может быть реализован при генерации алгоритмов стратегического управления в современных системах обеспечения комплексной безопасности и оперативного управления в кризисных ситуациях.

Содержание и краткая характеристика диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы (249 наименований) и 4 приложений, иллюстрирована 35 рисунками и 12 таблицами, содержит 227 страниц сквозной нумерации.

В первой главе автором проводится критический анализ существующих теоретических представлений о природе и структуре техногенных, природных и антропогенных рисков, а также концепции риск-ориентированного управления безопасностью. Обоснована целесообразность введения понятия многокомпонентного риска, представленного единой совокупностью количественных и качественных характеристик основных факторов риска. Обсуждаются подходы к формированию математического инструментария решения задач оптимального управления рисками и прогнозирования динамики кризисных ситуаций, соответствующего современным технологиям сбора и обработки данных.

Во второй главе разработан новый метод моделирования структуры многокомпонентных рисков, на основе многоиндексных представлений в виде линейных алгебраических объектов, заданных на векторных пространствах конечной размерности. Автор применяет матричное представление стохастической связи композиции установленных вероятностных характеристик уязвимости и состояний ОЗ, параметров рассматриваемых источников угроз и вариантов функционирования СОБ с набором возможных последствий. Для определения вероятностных характеристик многокомпонентных рисков автор предлагает использовать разработанные им численный метод, основанный на преобразовании значений ранговой шкалы экспертных оценок вероятностей возможных исходов при воздействии ОФ на ОЗ в количественную шкалу отношений в соответствии с положениями репрезентативной теории измерений, а также общую методику дискретно-событийного моделирования функционирования СОБ. Применение предложенного для исследования многокомпонентных рисков математического инструментария позволило автору построить общую модель риск-ориентированного управления, основанную на постановке задач многокритериальной комбинаторной оптимизации использования ресурсов и сравнительном анализе эффективности мероприятий, направленных на обеспечение безопасности социотехнических систем.

В третьей главе представлены результаты моделирования многокомпонентных рисков, обусловленных возможными инцидентами при возникновении опасных отказов в процессе эксплуатации технических объектов и систем. Построена общая модель динамики опасных отказов технических объектов (ТО), основанная на представлении связи параметров наборов источников процессов деградации с обобщенной наработкой, выражаемой интегральным функционалом от значимых эксплуатационных факторов. При построении, модели ТО представляются материальными носителями возникающих и развивающихся деградационных изменений, обусловленных некоторым набором источников процессов деградации, порождающих соответствующий набор конкурирующих режимов отказов. Представленная стохастическая модель эксплуатационных многокомпонентных рисков совместима с базовой моделью многокомпонентных рисков и может применяться при решении прикладных задач математического и информационно-аналитического обеспечения риск-ориентированного управления в СОБ, в частности, связанных с прогнозированием потоков инцидентов, инициирующих опасные события.

В четвертой главе построена стохастическая модель, описывающая в рамках марковского процесса, развитие инициируемых локальными инцидентами аварий и катастроф по каскадным сценариям с ветвящейся структурой и позволяющая прогнозировать возникновение аварийных и критических состояний, а также изменение вероятностных характеристик своевременности и эффективности возможных воздействий при оперативном реагировании на инциденты. Представленная общая стохастическая модель каскадных сценариев развития кризисных ситуаций совместима с базовой моделью многокомпонентных рисков, а также моделью многокомпонентных эксплуатационных рисков, и мо-

жет применяться при решении ряда прикладных задач математического и информационно-аналитического обеспечения оперативного реагирования на инциденты в системах обеспечения различных видов безопасности.

В пятой главе сформированный в предыдущих разделах математический инструментарий применен для решения ряда прикладных задач информационно-аналитического обеспечения риск-ориентированного управления отдельными видами безопасности в социотехнических системах. Приведены результаты прикладных исследований структуры и динамики многокомпонентных рисков, а также некоторые общие методики и алгоритмы, реализованных в комплексе прикладных программ.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации, полученные в результате диссертационного исследования.

В приложениях А–Б приведены листинг программы содержащей базу знаний, формируемую на основе проведения процедур экспертной оценки частных условных вероятностей событий, связанных с наступлением определенных последствий воздействия опасных факторов на объекты защиты, а также некоторые результаты аналитического расчета вероятностей возможных вариантов фактического выполнения совокупности функций защиты и моделирования многокомпонентных рисков, реализованные в алгоритмах расчета ожидаемых потерь. Приложения В–Г представляют собой подтверждающие документы регистрации программы для ЭВМ и патента.

Степень обоснованности научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность полученных автором результатов подтверждается как их научной новизной, так и практической значимостью, поскольку их использование позволяет сделать более эффективным моделирование сложных систем за счет разработки математических методов, численных методов и алгоритмов описания структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах, с учетом закономерностей развития кризисных ситуаций и функционирования систем обеспечения безопасности, а также свойств объектов защиты и влияния иных факторов. В основе научной работы лежат общие положения теории вероятностей, теории случайных процессов, алгебры логики, теории принятия решений, анализа иерархий, многокритериальной оптимизации.

Основные теоретические и практические результаты диссертации докладывались, обсуждались и получили поддержку на ряде научных конференций всероссийского и международного уровней, и изложены в 36 научных работах, в том числе 8 – в изданиях из перечня ВАК при Минобрнауки России, и 3 – в изданиях, включенных в библиографическую базу данных Scopus, а также патенте на изобретение и свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ.

Достоверность материалов диссертационного исследования

Достоверность полученных результатов подтверждается последовательным применением апробированных математических методов анализа и синтеза, математическими доказательствами лемм, теорем и утверждений, результатами

вычислительных экспериментов с применением предложенных моделей и методов и их программных реализаций, внутренней непротиворечивостью выводов и их согласованностью с результатами исследований других авторов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта №0707–2020–0034, а также Российского научного фонда (грант № 22–79–10353).

Научная новизна результатов и основных положений диссертации

Научная новизна результатов диссертационного исследования, полученных лично автором, состоит в развитии математических методов стохастического моделирования структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах, при этом впервые:

- разработан метод стохастического моделирования структуры многокомпонентных рисков, основанный на матричном представлении стохастической связи композиции установленных вероятностных характеристик уязвимости и состояний ОЗ, параметров рассматриваемых источников угроз и вариантов функционирования СОБ с набором возможных последствий;

- разработаны численный метод определения вероятностных характеристик уязвимости ОЗ по экспертным оценкам и методика стохастического анализа функционирования СОБ;

- построена модель управления многокомпонентными рисками в социотехнических системах с постановкой задач многокритериальной комбинаторной оптимизации использования ресурсами сравнительного анализа эффективности мероприятий;

- построена модель динамики опасных отказов технических объектов, описывающая связь вероятностных характеристик опасных отказов ТО с параметрами источников процессов деградации и обобщенной наработкой, представленной интегральным функционалом от основных эксплуатационных факторов;

- разработан метод моделирования каскадных сценариев возникновения и развития кризисных ситуаций при прогнозировании развития критических состояний, с учетом данных текущего мониторинга на основе наборов аналитических решений локальных систем уравнений Колмогорова для нестационарных марковских процессов с ветвящейся структурой.

- построены расчетные модели и алгоритмы анализа эффективности распределения ресурсов в системах безопасности и прогнозирования динамики кризисных ситуаций, реализованные в комплексе проблемно-ориентированных программ поддержки управления рисками в социотехнических системах.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость работы состоит в развитии математической теории рисков в области описания процессов возникновения и формирования структуры рисков, а также в создании математического аппарата моделирования процессов управления многокомпонентными рисками.

Практическая значимость исследования состоит в расширении круга решаемых задач информационно-аналитической поддержки риск-

ориентированного управления в социотехнических системах. Разработанные методы, математические модели и программный комплекс рекомендуется использовать при проектировании информационно-аналитических систем и программно-аппаратных средств поддержки риск-ориентированного управления и оперативного реагирования в кризисных и чрезвычайных ситуациях.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам:

- п. 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений (физико-математические науки)»;
- п. 8 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

Замечания по работе

По диссертационной работе необходимо сделать ряд замечаний:

1. В разделе 2.2 на странице 57 в лемме 2.1, при введении идентификаторов (2.7), для первого из них не взято в кавычки его вербальное значение.
2. В разделе 3.2 на странице 84 в утверждении 3.1, при введении конфигурации долевого распределения совокупности технических объектов по определенным типам и наборам конкурирующих режимов отказов, фигурируют соответствующие множества, которые автору следовало бы предварительно определить.
3. В разделе 5.5 на странице 174, при постановке задачи управления рисками геодинамического происхождения в системе уравнений и условий (5.44), в обозначении интеграла по поверхности используется двойной знак интеграла, что является не рекомендуемым многократным использованием знака интеграла, которое в современных математических и физических статьях не применяется.

Перечисленные выше замечания не являются существенными и не умаляют научную значимость и практическую ценность результатов диссертационного исследования и не отражаются на его общей положительной оценке.

Общее заключение

Диссертационная работа Пруса Михаила Юрьевича по теме «Математическое моделирование структуры и динамики многокомпонентных рисков в социотехнических системах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит новое решение актуальной задачи построения математических моделей и обоснование аналитических и численных методов исследования многокомпонентных рисков в социотехнических системах, имеющей важное фундаментальное значение для развития таких отраслей знаний как математическая кибернетика и исследование операций, а также прикладное значение, в частности, в области создания средств информационно-аналитической

поддержки риск-ориентированного управления в системах обеспечения безопасности.

Результаты диссертационного исследования достаточно полно опубликованы в научной печати, в том числе – в изданиях, указанных в перечне ВАК, а также в изданиях, включенных в библиографическую базу данных Scopus, обсуждены на международных и всероссийских научных конференциях. Основные положения диссертации достаточно полно отражены в автореферате.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования РФ, а ее автор Прус Михаил Юрьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Техносферная и пожарная безопасность»
ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет,
доктор технических наук (05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»), доцент

 Тростянский Сергей Николаевич

Я, Тростянский Сергей Николаевич, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных

 Тростянский Сергей Николаевич

Подпись Тростянского Сергея Николаевича удостоверяю:

первый проректор - проректор по науке ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор

 Дроздов Игорь Геннадьевич

26 мая 2023 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», кафедра «Техносферная и пожарная безопасность».

Почтовый адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

E-mail: trostyansky2012@yandex.ru

Тел.: 8 (473) 207-22-20

E-mail: rectorat@vgasu.vrn.ru