

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 0200.006
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМЕНИ П. ЛУМУМБЫ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.09.2023, протокол № 18

О присуждении Ивановой Нике Михайловне, **гражданке Российской Федерации**,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование вероятностно-временных характеристик моделей k -из- n с приложением к анализу надёжности привязного мультироторного летательного модуля» по специальности по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика в виде рукописи принята к защите 27 июня 2023 г., протокол № 15 диссертационным советом ПДС 0200.006 Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.б.; приказ от 24 октября 2022 года № 599).

Соискатель Иванова Ника Михайловна 1995 года рождения, в 2019 году окончила с отличием магистратуру ФГАОУ ВО РУДН по направлению «Прикладная математика и информатика».

С 2019 по 2023 гг. обучалась в очной аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению 09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника» профиль «Теоретические основы информатики», соответствующему научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика, по которой подготовлена диссертация.

В настоящее время работает научным сотрудником в ФГБУН ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН.

Диссертация выполнена на кафедре Прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Рыков Владимир Васильевич, профессор кафедры Прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Официальные оппоненты:

– **Нетес Виктор Александрович**, гражданин РФ, доктор технических наук (специальность 05.13.01 — Управление в технических системах), старший научный сотрудник, профессор кафедры «Сети связи и системы коммутации» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»,

– **Зорин Андрей Владимирович**, гражданин РФ, доктор физико-математических наук (специальность 01.01.05 – Теория вероятностей и математическая статистика), доцент, заведующий кафедрой теории вероятностей и анализа данных федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,

– **Румянцев Александр Сергеевич**, гражданин РФ, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), ведущий научный сотрудник лаборатории телекоммуникационных систем Института прикладных математических исследований – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,

дали положительные отзывы о диссертации.

В заключение отзывов оппонентов указано, что диссертационная работа полностью соответствует п.2.2 раздела II Положения о присуждении учёных степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утверждённого Ученым советом РУДН, протокол № 12 от 23.09.2019 г., а ее автор, Иванова Ника Михайловна заслуживает присуждения ученой кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из них 1 работа, опубликованная в рецензируемом научном издании, рекомендованном «Перечнем РУДН»/«Перечнем ВАК», 6 работ в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных «Scopus»/«Web of Science». Общий объем публикаций 9,75 п.л. Авторский вклад 85 %.

Наиболее значимые публикации

- в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus:
- 1. On Reliability Function of a k -out-of- n System With General Repair Time Distribution / V. Rykov, D. V. Kozyrev, A. Filimonov, Ivanova, N. M. // Probability in the Engineering and Informational Sciences. — 2021. — Vol. 35. — P. 885–902.
- 2. Rykov V., Ivanova, N., Kozyrev D. Sensitivity Analysis of a k -out-of- n :F System Characteristics to Shapes of Input Distribution // In: Vishnevskiy, V.M., Samouylov, K.E., Kozyrev, D.V. (eds) Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. DCCN 2020. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 12563. — 2021. — P. 485–496.

3. Rykov V., Ivanova, N. Reliability and sensitivity analysis of a repairable k -out-of- n :F system with general life- and repair times distributions // In proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference. Edited by Piero Baraldi, Francesco Di Maio and Enrico Zio. — 2020.
4. Ivanova, N. On Importance of Sensitivity Analysis on an Example of a k -out-of- n System // Mathematics. — 2023. — Vol. 11, issue 5.
5. Ivanova, N. On Steady State Reliability and Sensitivity Analysis of a k -out-of- n System under Full Repair Scenario // In: Vishnevskiy, V.M., Samouylov, K.E., Kozyrev, D.V. (eds) Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. DCCN 2022. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 13766. — 2023. — P. 422–434.
- в изданиях из перечня ВАК/РУДН:
6. Иванова, Н. М., Вишневский В. М. Оценка надежности привязных высотных беспилотных платформ с использованием моделей систем К-из-N и методов машинного обучения // Проблемы информатики. — 2021. — № 4. — с. 16–39.

На автореферат диссертации поступили положительные, не содержащие критических замечаний отзывы, от:

- **Булинской Екатерины Вадимовны**, гражданки РФ, доктора физико-математических наук (01.01.05 – Теория вероятностей и математическая статистика), профессора, профессора кафедры теории вероятностей механико-математического факультета МГУ. В отзыве дана положительная оценка диссертации. В замечаниях указано, что в работе имеются опечатки; а также что в тексте автореферата не указано, как определяется случайный процесс $J(t)$ в начальный момент времени; не указано, что подразумевается под поглощающим состоянием процесса $Z(t)$ и не приведено новое пространство состояний такого процесса.
- **Моисеевой Светланы Петровны**, гражданки РФ, доктора физико-математических наук (05.13.18. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессора, заведующего кафедрой теории вероятностей и математической статистики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университета». В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что в тексте автореферата сжато представлены результаты третьей главы; было бы уместно для наглядности представить графическую интерпретацию полученных результатов, а также выводы и рекомендации по их использованию для расчета характеристик реальных систем с параметрами $n > 6$.
- **Вишневского Владимира Мироновича**, гражданина РФ, доктора технических наук (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), главного научного сотрудника Института проблем управления

им. В. А. Трапезникова РАН. В отзыве дана положительная оценка автореферата и указаны следующие недостатки: описание двумерного марковского процесса $Z(t)$ и пространство его состояний следовало бы сопроводить поясняющим графом переходов, о котором упоминается в тексте; упоминается термин «квантиль надёжности», но его определение в автореферате не введено; не указано, в какой среде программирования проводилось имитационное моделирование; в тексте представлены выводы по анализу чувствительности функции надёжности и коэффициента готовности моделей 2-из-6 и 3-из-6, сформулированные по результатам экспериментов имитационного моделирования. При этом выводы относительно надёжности гексакоптера и его двигателей не представлены.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией, наличием научных трудов и публикаций, соответствующих теме оппонируемой диссертации.

Выбор **Нетеса Виктора Александровича** в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Нетес В. А. является крупным специалистом в области теории надёжности. Сферу его научных интересов составляют обеспечение надёжности и качества обслуживания в системах инфо- и телекоммуникаций, разработка методов оценки надёжности сложных систем и сетей. Он участвовал в разработке нескольких отечественных и международных стандартов по надёжности. Основные публикации Нетеса В.А. по тематике диссертационного исследования:

- Netes V. A. A General Approach to Dependability Assessment of Intelligent Transport Systems // 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – IEEE, 2022. – С. 1-4.
- Netes V. A. The Interval Reliability, its Usage and Calculation for Information and Communication Systems and Networks // 2021 29th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – IEEE, 2021
- Кусакина М. С., Нетес В. А. Проблемы обеспечения надёжности программно-конфигурируемых сетей // Телекоммуникации и информационные технологии. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 39-43.

Выбор **Зорина Андрея Владимировича** в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Зорин А. В. является крупным специалистом в областях теории массового обслуживания, теории вероятностей и математической статистики. В сфере его научных интересов также имитационное компьютерное моделирование, символьные вычисления в теории вероятностей и математической статистике. Основные публикации Зорина А. В. по тематике диссертационного исследования:

- Zorine A.V. Investigation of a Queueing System with Two Classes of Jobs, Bernoulli Feedback, and a Threshold Switching Algorithm // Mathematical Modeling and Supercomputer Technologies 22nd International Conference, MMST 2022, Nizhny Novgorod, Russia, November 14-17, 2022, Revised Selected Papers. Communications in Computer and Information Science, V. 1750. P. 148-159.

- Zorine A.V. On the Existence of the Stationary Distribution in a Cyclic Polling System with Autoregressive Poisson Inputs // 2021 Information Technologies and Mathematical Modelling. Queueing Theory and Applications. ITMM 2021. Communications in Computer and Information Science, Cham: Springer, 2022. vol 1605. – С. 93-104.
- Zorine A.V., Sizova K.O. A Method for Solving Stationary Equations for Priority Time-Sharing Service Process in Random Environment // 2020 Information Technologies and Mathematical Modelling. Queueing Theory and Applications. ITMM 2020. Communications in Computer and Information Science, Cham: Springer, 2021, vol 1391. – С. 304-318.

Выбор Румянцева Александра Сергеевича в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Румянцев А. С. является крупным специалистом в области теории массового обслуживания и стохастического моделирования. В частности, в сферу его научных интересов входят исследование стационарности, оценивание производительности систем обслуживания, а также параллельное программирование и распределенные вычисления. Основные публикации Румянцева А. С. по тематике диссертационного исследования:

- Morozov E., Rumyantsev A. S., Dey S., Deepak T.G. Performance Analysis and Stability of Multiclass Orbit Queue with Constant Retrial Rates and Balking // Performance Evaluation, 2019, vol. 134, p. 102005.
- Chakravarthy S. R., Shruti, Rumyantsev A. Analysis of a Queueing Model with Batch Markovian Arrival Process and General Distribution for Group Clearance // Methodology and Computing in Applied Probability. 2020. Т. 23. № 4. С. 1551–1579.
- Morozov E.; Pagano M.; Peshkova I.; Rumyantsev A. Sensitivity Analysis and Simulation of a Multiserver Queueing System with Mixed Service Time Distribution // Mathematics, 2020, 8, 1277

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработаны

- математическая модель мультироторного беспилотного модуля привязной высотной телекоммуникационной платформы с помощью восстанавливаемых моделей надёжности k -из- n с показательно распределенным временем безотказной работы и произвольно распределенным временем ремонта компонентов для двух сценариев восстановления системы после её отказа;
- алгоритмы вычисления нестационарных и стационарных вероятностных характеристик надёжности моделей k -из- n в терминах преобразования Лапласа времени ремонта компонентов;
- имитационная модель системы k -из- n для вычисления оценки вероятностно-временных характеристик модели с произвольно распределенными длительностями безотказной работы и ремонта компонентов на основе метода дискретно-событийного моделирования;

– предложен двумерный марковский процесс с дискретно-непрерывным множеством состояний с помощью метода введения дополнительных переменных для исследования модели восстанавливаемых систем k -из- n с произвольным распределением времени ремонта компонентов;

– исследованы

- асимптотическое поведение вероятностных характеристик надёжности моделей k -из- n в условиях редких отказов и быстрого восстановления компонентов;
- чувствительность основных вероятностно-временных характеристик надёжности к виду распределения и коэффициенту вариации времени безотказной работы и ремонта компонентов системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– предложены новые математические модели надёжности k -из- n с показательно распределённым временем безотказной работы и произвольно распределённым временем ремонта компонентов для двух сценариев восстановления системы после её отказа, что существенно дополняет представленные ранее исследования;

– для двумерного марковского процесса с дискретно-непрерывным множеством состояний выведены системы дифференциальных уравнений Колмогорова, получено их аналитическое решение в терминах преобразования Лапласа.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

– использованы

- метод введения дополнительных переменных для построения двумерного марковского процесса, описывающего поведение модели k -из- n с произвольным распределением времени ремонта компонентов и системы,
- метод характеристик для решения систем дифференциальных уравнений Колмогорова в частных производных и вычисления вероятностей переходного режима,
- метод вариации постоянных для решения уравнений баланса и вычисления стационарных вероятностей состояний исследуемого процесса,
- метод дискретно-событийного моделирования, реализованный на языке программирования Python для построения имитационной модели системы k -из- n с произвольными исходными распределениями и анализа чувствительности характеристик надёжности к виду этих распределений.

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

– на основе полученных теоретических результатов разработаны программы численного исследования вероятностных характеристик надёжности моделей k -из- n с произвольно распределённым временем ремонта компонентов и системы,

– разработаны программы имитационного моделирования на языке программирования Python для построения имитационной модели и расчета характеристик надёжности мультироторного беспилотного модуля привязной

высотной телекоммуникационной платформы на основе восстанавливаемых моделей k -из- n с произвольными распределениями и времени безотказной работы, и времени ремонта компонентов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– теория

- дополняет известные результаты по аналитическому и численному исследованию моделей k -из- n и их характеристик надёжности, хорошо согласуясь с ними,

– установлено

- качественное совпадение авторских результатов с результатами других авторов и с аналитическими решениями в тех случаях, когда это возможно,
- корректность и полнота доказательств всех оригинальных теорем, опубликованных в рецензируемых журналах,

– использованы

- прямые методы проверки полученных результатов с помощью сравнения с марковскими процессами, а также с результатами имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в том, что Иванова Ника Михайловна, работая в коллективе соавторов, самостоятельно

- разработала математическую модель мультироторного беспилотного модуля привязной высотной телекоммуникационной платформы с помощью моделей надёжности k -из- n ,
- отыскала решение систем дифференциальных уравнений Колмогорова в частных производных, описывающих поведение двумерного марковского процесса с дискретно-непрерывным множеством состояний,
- исследовала чувствительность характеристик надёжности моделей k -из- n к виду функции распределения и коэффициенту вариации времени безотказной работы и ремонта компонентов.

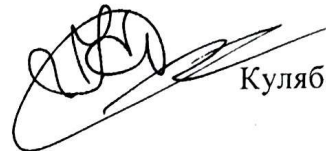
Диссертационное исследование Ивановой Ники Михайловны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи развития методов анализа вероятностно-временных характеристик и исследования чувствительности характеристик надёжности стохастических моделей, имеющей важное значение для теории надёжности.

Заключение диссертационного совета подготовлено доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры теории вероятностей и кибербезопасности РУДН Ю.В. Гайдамака, доктором физико-математических наук, профессором, профессором Математического института им. С.М. Никольского РУДН Е.Б. Ланевым и доктором физико-математических наук, доцентом, профессором Департамента математики Финансового Университета при Правительстве РФ Е.Ю. Щетининым.

На заседании 22 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Ивановой Нике Михайловне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 3 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председательствующий на заседании:
заместитель председателя диссертационного
совета ПДС 0200.006, доктор
физико-математических наук, профессор



Кулябов Д. С.

Учёный секретарь диссертационного совета
ПДС 0200.006, кандидат физико-
математических наук, доцент



Демидова А. В.

«22» сентября 2023 г.