

"УТВЕРЖДАЮ"



Первый проректор-
проректор по научной работе РУДН
доктор медицинских наук,
профессор, член-корр. РАН

А. А. Костин

01.06.2023г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» на основании решения, принятого на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация «Исследование вероятностно-временных характеристик моделей k -из- n с приложением к анализу надёжности привязного мультироторного летательного модуля» выполнена на кафедре прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук.

Иванова Ника Михайловна, 05.01.1995 года рождения, гражданка России, в 2017 году окончила с отличием магистратуру ФГАОУ ВО РУДН по направлению «Прикладная математика и информатика».

С 21.09.2019 по наст. время обучается в аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника, соответствующему научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика, по которой подготовлена диссертация.

В настоящее время работает младшим научным сотрудником в ФГБУН ИПУ РАН.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2023 году в РУДН.

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

Тема диссертационного исследования в окончательной редакции была утверждена на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 18.04.2023, протокол № 0201–08/09.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

В своем диссертационном исследовании Иванова Ника Михайловна исследовала модели восстанавливаемых систем k -из- n с произвольно распределенным временем восстановления компонентов для двух сценариев ремонта системы после её отказа. С этой целью был использован метод введения дополнительной переменной с помощью которого построен двумерный марковский процесс с дискретно-непрерывным множеством состояний, и выведены дифференциальные уравнения Колмогорова в частных производных для вероятностей его состояний. Для аналитического решения этих уравнений использован метод характеристик для решения дифференциальных уравнений в частных производных, а для решения уравнений баланса применён метод вариации постоянных. Численными методами исследовала чувствительность характеристик надёжности восстанавливаемых моделей k -из- n к виду исходной информации.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в:

- разработке математической модели мультироторного беспилотного модуля привязной высотной телекоммуникационной платформы с помощью моделей надёжности k -из- n ;
- построении двумерного марковского процесса 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;
- разработке алгоритмов вычисления нестационарных вероятностных характеристик надёжности моделей k -из- n в терминах преобразования Лапласа времени ремонта компонентов на основе метода характеристик;
- вычислении стационарного распределения вероятностей состояний для произвольных параметров k и n и произвольного распределения времени восстановления компонентов;
- исследовании асимптотического поведения вероятностных характеристик моделей k -из- n в сценариях редких отказов и быстрого восстановления компонентов;
- проведении анализа надёжности мультироторного беспилотного модуля привязной высотной телекоммуникационной платформы на примере гексакоптера с помощью моделей k -из- n ;
- проведении анализа чувствительности основных вероятностно-временных характеристик надёжности к виду распределения и коэффициенту вариации времени ремонта с помощью численных методов;

- разработке имитационной модели 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.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением строгих математических выводов и методов анализа из теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории случайных процессов, теории надёжности, а также использованием численных методов решения дифференциальных уравнений и имитационного моделирования. Результаты, полученные с помощью аналитических моделей при произвольной функции распределения времени ремонта компонентов, совпадают с результатами вычисления аналогичных характеристик марковского процесса совпадают с результатами имитационного моделирования. Результаты диссертационной работы по мере их получения были доложены на всероссийских и международных научных конференциях, и семинарах.

Апробация работы.

Основные результаты работы докладывались на международных конференциях DCCN'2020 и DCCN'2022, Москва, ESREL'2020, Венеция (онлайн), ИТММ'2022, Карши (онлайн), а также на всероссийских конференциях с международным участием ИТТММ'2019 и УБС'2021, Москва.

Новизна результатов проведенных исследований.

1. В отличие от известных исследований, изучены модели восстанавливаемой системы k -из- n с произвольными распределениями как в.б.р., так и времени восстановления её компонентов и всей системы. При этом рассмотрены два сценария для восстановления всей системы.
2. Для распределения вероятностей состояний двумерного марковского процесса с дискретно-непрерывным множеством состояний, который описывает математическую модель k -из- n с произвольным распределением времени восстановления её компонентов и системы в целом, впервые выведены системы дифференциальных уравнений Колмогорова, получено их аналитическое решение в терминах преобразования Лапласа, предложен и реализован в частных случаях алгоритм его численного исследования.
3. Наряду с аналитическим исследованием чувствительности характеристик надёжности моделей k -из- n к виду ф.р. и коэффициенту вариации времени ремонта, впервые проведён анализ чувствительности модели k -из- n к виду распределения времени безотказной работы её компонентов с помощью имитационной модели.

Теоретическая и практическая значимость проведенных исследований.

Теоретическую значимость представляют разработанные в диссертации математические методы и вычислительные алгоритмы анализа вероятностно-временных характеристик надёжности моделей k -из- n с произвольным распределением времени ремонта компонентов. Созданные на основе полученных теоретических результатов программы численного исследования и имитационного моделирования представляют практическую значимость, поскольку позволяют производить расчёты 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. Более того, ввиду широты применений моделей k -из- n во многих явлениях реального мира, предложенные в диссертационной работе математические модели и методы анализа надёжности являются универсальными и могут быть распространены на исследования технических систем в других областях.

Ценность научных работ соискателя. В рамках диссертационного исследования Ивановой Ники Михайловны:

- были исследованы восстанавливаемые модели k -из- n с показательным распределением времени безотказной работы компонентов и произвольным распределением времени их восстановления для двух сценариев ремонта системы после её отказа.
- были вычислены вероятностно-временные характеристики моделей k -из- n с помощью двумерного марковского процесса с дискретно-непрерывным множеством состояний, был проведён анализ чувствительности этих характеристик к виду исходных распределений с помощью аналитических и численных методов.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности. Диссертация выполнена в соответствии с паспортом специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика» и включает оригинальные результаты, направленные на развитие методов повышения надёжности технических систем и исследования чувствительности характеристик их эффективности к виду исходной информации.

- В соответствии с п. 9 «Математическая теория исследования операций» изучена система надёжности методами теории операций, в том числе методами теории массового обслуживания и теории надёжности.
- В соответствии с п. 12 «Модели информационных процессов и структур» описана и изучена математическая модель надёжности мультироторного беспилотного модуля привязной высотной платформы, одной из функций которой является обеспечение

телекоммуникационного покрытия в рамках решения проблемы «последней мили» в системах передачи данных.

- В соответствии с п. 26 «Теория надёжности и безопасности использования информационных технологий» предложена математическая модель резервированной системы k -из- n для анализа надёжности мультироторного беспилотного модуля.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные результаты по теме диссертации изложены в 13 печатных изданиях, включая 1 монографию, 1 публикацию в журнале из перечня ВАК (импакт-фактор=0,327), 6 – в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, а также работы в трудах международных и всероссийских научных конференций. Зарегистрирована 1 программа для ЭВМ. Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах.

1. Моделирование надёжности привязных высотных беспилотных телекоммуникационных платформ / В. М. Вишнеvский, В. В. Рыков, Д. В. Козырев, Иванова, Н. М. — М. : РИЦ Техносфера, 2022. — 194 с.
2. 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.
3. 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.
4. Иванова, Н. М., Вишнеvский В. М. Оценка надёжности привязных высотных беспилотных платформ с использованием моделей систем K -из- N и методов машинного обучения // Проблемы информатики. — 2021. — № 4. — с. 16—39.
5. Rykov V., Ivanova, N., Kozyrev D. Sensitivity Analysis of Characteristics of a k -out-of- n :F System to Shapes of Life and Repair Times Distributions of Its Components // Материалы 23-й Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (DCCN-2020, Москва). — 2020. — с. 268—275.
6. 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.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Расчёт характеристик надёжности восстанавливаемой системы k -из- n :

F с разными сценариями ремонта системы и произвольными исходными распределениями / Иванова, Н. М. ; федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН). — № 2021663864; заявл. 16.08.2021; опубл. 25.08.2021, 2021662893 (Российская Федерация).

8. Иванова, Н. М. Аналитическая модель восстанавливаемой системы типа k -из- n с произвольным распределением времени восстановления // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. — 2019. — с. 54—57.
9. Ivanova, N. Modeling and Simulation of Reliability Function of a k -out-of- n :F System // In: Vishnevskiy, V.M., Samouylov, K.E., Kozyrev, D.V. (eds) Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. DCCN 2020. Communications in Computer and Information Science. Vol. 1337. — 2021. — P. 271–285.
10. Ivanova, N. On Importance of Sensitivity Analysis on an Example of a k -out-of- n System // Mathematics. — 2023. — Vol. 11, issue 5.
11. 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.
12. Ivanova, N. Modeling and Simulation of Reliability Function of a k -out-of- n :F System with Partial Repair // Материалы 23-й Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (DCCN-2020, Москва). — 2020. — с. 156—163.
13. Иванова, Н. М. О чувствительности характеристик надежности системы k -out-of- n к форме распределения длительностей жизни и ремонта её компонент // Труды 17-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». — 2021. — с. 54—65.
14. Ivanova, N. Reliability Analysis of a k -out-of- n System in Case of Full Repair After Its Failure // Материалы 25-й Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (DCCN-2022, Москва). — 2022. — с. 345—351.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

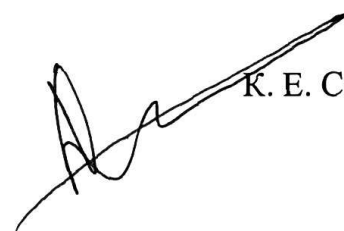
Диссертационная работа Ивановой Ники Михайловны рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Заключение принято на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов.

Присутствовало на заседании 34 чел.

Результаты голосования: «за» – 34 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел. 30.05.2023, протокол № 0200-19-04/12 .

Председательствующий на заседании:
заведующий кафедрой прикладной информатики
и теории вероятностей,
доктор технических наук, профессор




К. Е. Самуйлов

Подпись удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
факультета физико-математических
и естественных наук РУДН,
кандидат физико-математических наук



И. С. Зарядов



2023 г.

31.05.2023