

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Уанкпо Гектора Жибсона Кинманона «Исследование надёжности замкнутой резервированной системы обслуживания с произвольным числом источников данных и ограниченными ресурсами», представленную к защите в Постоянном Диссертационном Совете ПДС 0200.006 на базе Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

### **Актуальность темы диссертационной работы**

В настоящее время методы прикладной теории вероятностей, случайных процессов, математической статистики, стохастического анализа, теории массового обслуживания способствуют решению сложнейших задач, среди которых можно отметить проектирование современных сетей передачи информации. Решение этих проблем позволяет повысить доступность и надёжность систем передачи данных. Одним из направлений создания сверхскоростной и надёжной беспроводной связи в рамках развития сетей передачи данных будущего поколения является разработка гибридных резервированных систем на основе лазерных и радио-технологий, каждая из которых чувствительна к определенным условиям окружающей среды. Одним из основных условий стабильной работы системы передачи данных является нечувствительность показателей надёжности и эффективности системы к изменению исходных параметров модели. Анализ такой чувствительности, проведенный в рамках представленного диссертационного исследования, является одним из новых направлений исследований высоконадёжных систем передачи данных нового поколения и расширяет предыдущие исследования в этой области.

Таким образом, тема диссертационной работы Уанкпо Гектор Жибсон Кинманон «Исследование надёжности замкнутой резервированной системы обслуживания с произвольным числом источников данных и ограниченными

ресурсами» является актуальной и соответствует специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

### **Содержание работы**

Диссертация Уанкпо Г.Ж.К. состоит из введения, трех глав, заключения, списка обозначений и сокращений, списка литературы из 100 наименований и 6 приложений. Общий объем диссертации составляет 127 страниц.

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, перечислены задачи, которые необходимо решить для достижения цели, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В **первой главе** проведено математическое моделирование и анализ надежности резервированной восстанавливаемой системы, длительности безотказной работы элементов которой предполагаются экспоненциально распределенными независимыми случайными величинами, а длительности их ремонта подчинены произвольному закону распределения. Получены выражения в явном виде для вычисления стационарного распределения вероятностей состояний однородной и неоднородной систем для разных типов резерва как в общем случае, так и для некоторых частных случаев распределений. Проведено исследование системы при редких отказах её элементов, получены асимптотические выражения для стационарных вероятностей состояний.

Во **второй главе** представлен комплекс разработанных диссертантом имитационных моделей на основе дискретно-событийного подхода для численного анализа надежности резервированных однородных и неоднородных систем разных типов резерва для самого общего случая, когда распределение времени безотказной работы и распределение времени ремонта отказавших элементов являются произвольными.

**Третья глава** посвящена выполнению вычислительного эксперимента по исследованию зависимости характеристик надёжности системы от входных

параметров модели с помощью полученных в главе 1 теоретических результатов и разработанного комплекса программ имитационного моделирования, представленного в главе 2.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы, а в **приложения** вынесены разработанные алгоритмы имитационного моделирования в виде псевдокода.

### **Достоверность и новизна результатов диссертации**

Достоверность теоретических результатов, полученных в рамках диссертационного исследования, обоснована приведёнными доказательствами. Достоверность численных расчетов подтверждается численным экспериментом, приведенным в главе 3, который свидетельствует о сопоставимости результатов имитационного моделирования с аналитическими результатами из главы 1.

Научная новизна работы определяется полученными новыми научными результатами, среди которых основными являются следующие положения:

- Разработан комплекс новых аналитических моделей для исследования надежности замкнутой резервированной системы обслуживания с произвольным числом элементов с разными типами резерва и ограничением на число восстанавливающих устройств. Исследовано поведение системы при редких отказах её элементов и выведены асимптотические выражения для вероятностей состояний системы.
- Разработан новый комплекс программ имитационного моделирования для расчета характеристик надежности резервированной системы и анализа их зависимости от параметров модели в самом общем случае, когда распределение времени безотказной работы и распределение времени ремонта отказавших элементов распределены произвольно.

**Степень обоснованности научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность полученных результатов подтверждается строгими математическими доказательствами, использующими методы теории вероятностей, теории случайных процессов, теории массового обслуживания, а также численными экспериментами с использованием дискретно-событийного имитационного моделирования, и согласованностью теоретических выводов с результатами численных экспериментов. Результаты исследований представлялись на различных всероссийских и международных конференциях.

### **Ценность результатов работы для науки и практики**

Теоретическую значимость представляют разработанные в диссертации математические методы и вычислительные алгоритмы, предназначенные для исследования характеристик надежности моделей резервированной системы передачи данных. Полученные теоретические результаты работы представляют практическую значимость, так как позволяют производить расчёт характеристик надёжности резервированной системы и оценку среднего времени жизни системы, в том числе для замкнутых однородных систем холодного, облегчённого и горячего резервирования, а также замкнутой неоднородной дублированной системы холодного резервирования.

Практическую значимость представляют созданные на основе теоретических результатов программы численного исследования и имитационного моделирования.

Ряд полученных результатов может быть использован в учебном процессе на уровне магистратуры и аспирантуры при чтении курсов теоретического и прикладного характера.

### **Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати**

Основные результаты по теме диссертационного исследования изложены в 18 печатных изданиях, в том числе в 8 изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 5 изданиях,

рекомендованных ВАК РФ, 5 - в других рецензируемых научных изданиях. По результатам диссертационной работы зарегистрированы 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат логически выстроен, хорошо структурирован, правильно и в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы.

### **Замечания по диссертационной работе**

К диссертационной работе имеется ряд замечаний.

1. В работе присутствуют опечатки как в тексте, так и в формулах. В формулах часто не хватает знаков препинания.
2. На мой взгляд, алгоритмы разделов 2.1.1 и 2.1.2, которые рассматривают одну и ту же модель системы холодного резервирования, стоило бы объединить для более эффективной работы пользователя, чтобы для расчета распределений стационарных вероятностей состояний, среднего времени жизни и функции надежности не выполнять отдельные запуски процессов имитационного моделирования. То же самое касается моделей, представленных в разделах 2.2 и 2.3.
3. В разделе 3.4 следовало бы увеличить объем выборок, получаемых в результате имитационного моделирования, поскольку из представленных графиков не понятно, являются ли отклонения от «гладкой» траектории закономерностью, обусловленной характером модели, или же вызваны статистической погрешностью.

Указанные недостатки, однако, не снижают общее положительное впечатление о диссертационной работе.

### **Заключение**

Диссертационное исследование Уанкпо Гектора Жибсона Кинманона на тему «Исследование надёжности замкнутой резервированной системы

обслуживания с произвольным числом источников данных и ограниченными ресурсами» является законченной научно-квалификационной работой, имеющей теоретическую и практическую значимость.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а ее автор, Уанкпо Гектор Жибсон Кинманон, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

**Официальный оппонент**, доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, заведующий кафедрой программной инженерии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

5 ноября 2024 г.



Моисеев Александр Николаевич

Тел.: +7 952 899-64-61, E-mail: moiseev.tsu@gmail.com

Подпись Моисеева А.Н. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ

«5» ноября 2024 г.



Н.А. Сазонтова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Адрес: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Тел.: (3822) 529-585

Факс: +7 (3822) 529-585

E-mail: rector@tsu.ru

Страница в интернете: <http://www.tsu.ru>