

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 01.03.2024г., протокол № 5

О присуждении Виана Карвалью Кравиду Илкиашу, гражданину Сан-Томе и Принсипи, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Системы с пороговым управлением входящим потоком» по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика» в виде рукописи принята к защите 23 января 2024 г., протокол № 3, диссертационным советом ПДС 0200.006 федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.; приказ от 24 октября 2022 года № 599).

Соискатель Виана Карвалью Кравид Илкиаш, 1993 года рождения, в 2019 году окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

С 2019 по 2023 гг. обучался 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 не работает.

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

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Зарядов Иван Сергеевич, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей (в настоящее время кафедра теории вероятностей и кибербезопасности) факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Официальные оппоненты:

– **Моисеева Светлана Петровна**, гражданка РФ, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы



и комплексы программ), профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,

– **Барабанова Елизавета Александровна**, гражданка РФ, доктор технических наук (специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН»,

– **Степанов Михаил Сергеевич**, гражданин РФ, кандидат технических наук (специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций), доцент кафедры сетей связи и систем коммутации Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».

дали положительные отзывы о диссертации.

В заключениях отзывов оппонентов указано, что диссертационная работа полностью соответствует 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 03.07.2023г., протокол № УС-12, а ее автор, Виана Карвалью Кравид Илкиаш заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 5 работ опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus/WoS, 2 научных работы – это статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных «Перечнем РУДН»/«Перечнем ВАК». Общий объем публикаций 143 страницы (8,9 п.л.). Авторский вклад 80%.

Наиболее значимые публикации:

В изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus:

1. The General Renovation as the Active Queue Management Mechanism. Some Aspects and Results / V. C. C. Hilquias [и др.] // Distributed Computer and Communication Networks. Communications in Computer and Information Science. T. 1141 / под ред. V. M. Vishnevskiy, K. E. Samouylov, D. V. Kozyrev. — Cham : Springer International Publishing, 2019. — С. 488—502
2. Hilquias V. C. C., Zaryadov I. S., Milovanova T. A. Two Types of Single-Server Queueing Systems with Threshold-Based Renovation Mechanism // Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. Lecture Notes in Computer Science. T. 13144 / подред. V. M. Vishnevskiy, K. E. Samouylov, D. V. Kozyrev. — Cham : Springer International Publishing, 2021. — С. 196—210.
3. Hilquias V. C. C., Zaryadov I. S. Comparison of two single-server queueing systems with exponential service times and threshold-based



renovation // CEUR Workshop Proceedings. Т. 2946. — CEUR, 2021. — С. 54—63.

4. Hilquias V. C. C., Zaryadov I. S. Single-server Queuing Systems With Exponential Service Times and Threshold-based Renovation // 13th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). — 2021. — С. 91—97

5. The Queueing System with Threshold-Based Direct and Inverse General Renovation Mechanism / V. C. C. Hilquias [и др.] // Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications. Lecture Notes in Computer Science. Т. 13766 / под ред. V. M. Vishnevskiy, K. E. Samouylov, D. V. Kozyrev. — Cham : Springer Nature Switzerland, 2022. — С. 309—323.

В изданиях из перечня ВАК/РУДН:

6. Виана Карвалью Кравид И., Зарядов И. С., Милованова Т. А. Системы массового обслуживания с различными видами обновления и порогами как математические модели алгоритмов активного управления очередями // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2020. — Т. 28, No 4. — С. 305—318.

7. Зарядов И. С., Виана И. К. К., Милованова Т. А. Анализ систем массового обслуживания с пороговым механизмом обновления и инверсионной дисциплиной обслуживания // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2022. — Т. 30, No 2. — С. 160—182.

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

– **Вишневого Владимира Мироновича**, гражданина РФ, доктора технических наук (05.13.13 - Вычислительные машины, комплексы, системы и сети), профессора, заведующего лабораторией 69 «Управление сетевыми системами», главного научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук». В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатка указано, что в тексте автореферата присутствуют нерасшифрованные аббревиатуры и отсутствует определение ряда вспомогательных функций.

– **Хохлова Юрия Степановича**, гражданина РФ, доктора физико-математических наук (01.01.05 - Теория вероятностей и математическая статистика), профессора, профессора кафедры математической статистики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что в работе нужно было обосновать выбор в качестве рассматриваемых алгоритмов активного управления алгоритмов семейства RED, а также что следовало бы упростить ряд предложений.

– **Горбуновой Анастасии Владимировны**, гражданки РФ, кандидата физико-математических наук (05.13.17 Теоретические основы информатики), старшего



научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук». В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что понятия обновления и обобщенного обновления вводятся до их определения, а также нет пояснения, почему в описании модели без безопасной зоны с полным обновлением представлена только формула для расчета стационарного по вложенной цепи Маркова распределения числа заявок в системе, а другие характеристики (вероятность сброса, вероятность обслуживания, временные характеристики) отсутствуют.

– **Агаларова Явера Мирзабековича**, гражданина РФ, кандидата технических наук (05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), ведущего научного сотрудника отдела № 62 «Информационные технологии управления и моделирования информационных систем» отделения № 6 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук». В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, что в описании первой главы отсутствует обоснование выбора алгоритмов семейства RED, а не других алгоритмов активного управления очередями, а также то, что содержание второй части второй главы недостаточно раскрыто по сравнению с первой частью второй главы. Также в описании Приложения А отсутствует сравнение результатов проведенного имитационного моделирования для рассмотренных во второй главе систем.

– **Мейханаджян Лусине Акобовны**, гражданки РФ, кандидата физико-математических наук (05.13.17 – Теоретические основы информатики), доцента Департамента анализа данных и машинного обучения Факультета информационных технологий и анализа больших данных Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. В отзыве дана положительная оценка диссертации. В качестве недостатков указано, неудачно выбран термин "пороговое управление", поскольку данный термин используется для систем с гистерезисным управлением и использование такой терминологии может вводить в заблуждение, в разделе автореферата «Содержание диссертации» слишком общо описаны основные аспекты по главам, например, не ясна разница между обзором во введении и в первой главе; не понятно, в разделе 1.2 представлены основные полученные ранее результаты автора или других исследователей и т.д., из текста автореферата непонятно, каким методом находилось решение последнего уравнения из утверждения 3.1.

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

Выбор **Моисеевой Светланы Петровны** в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Моисеева С.П. является крупным специалистом в области



моделирования телекоммуникационных систем и теории массового обслуживания. В частности, в сфере её научных интересов находится вопрос анализа характеристик систем массового обслуживания с нестандартными дисциплинами обслуживания, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации **Моисеевой С. П.** по тематике диссертационного исследования:

1. Danilyuk E.Y., Kuznetsova D.I., Moiseeva S.P. Asymptotic Analysis of Retrial Queueing System MMPP/M/1 with Impatient Customers, Collisions and Unreliable Server // 2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI) 2023, 28-30 august 2023. [S. 1.], 2023. P. 1–4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10325990>.
2. Polin E.P., Moiseeva S.P., Moiseev A.N. Heterogeneous queueing system with Markov renewal arrivals and service times dependent on states of arrival process // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2023. Vol. 31, № 2. P. 105–119.
3. Danilyuk E.Yu., Plekhanov A.S., Moiseeva S.P., Sztrik J. Asymptotic Diffusion Analysis of Retrial Queueing System M/M/1 with Impatient Customers, Collisions and Unreliable Servers // Axioms. 2022. Vol. 11, № 12. Art. num. 699. URL: <https://www.mdpi.com/2075-1680/11/12/699>.
4. Pankratova E., Moiseeva S., Farkhadov M. Infinite-Server Resource Queueing Systems with Different Types of Markov-Modulated Poisson Process and Renewal Arrivals // Mathematics. 2022. Vol. 10, № 16. Art. num. 2962. DOI: 10.3390/math10162962
5. Lisovskaya E., Fedorova E., Salimzyanov R., Moiseeva S. Resource Retrial Queue with Two Orbits and Negative Customers // Mathematics. 2022. Vol. 10, № 3. P. 321-1–321-19. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/3/321/htm>.

Выбор **Барабановой Елизаветы Александровны** в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Барабанова Е.А. является крупным специалистом в области теоретических основ расчета и проектирования телекоммуникационных сетей на базе систем и сетей массового обслуживания. В частности, в сферу её научных интересов входят марковские модели с изменяемой интенсивностью поступления, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования Виана Карвалью Кравида Илкиаша.

Основные публикации **Барабановой Е.А.** по тематике диссертационного исследования:

1. Барабанова Е.А., Вытовтов К.А., Вишневский В.М., Хафизов И.Н. Analysis of functioning photonic switches in next-generation networks using queueing theory and simulation modeling // Communications in Computer and Information Science. 2023. Vol.1748. С. 356–369.
2. Вытовтов К.А., Барабанова Е.А., Вишневский В.М., Вытовтов Г.К., Волкова С.А. Алгоритм построения системы уравнений Колмогорова для исследования



- переходного режима двухфазных СМО с большим числом заявок // Управление большими системами: сборник трудов. 2023. Выпуск 105. С. 65-84.
3. Вишневецкий В.М., Вытовтов К.А., Барабанова Е.А., Семёнова О.В. Analysis of an MAF/M/1/N queue with periodic and non-periodic piecewise constant input rate // Mathematics. 2022. Vol. 10, No. 10. С. <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/10/1684>.
  4. Вишневецкий В.М., Вытовтов К.А., Барабанова Е.А., Семёнова О.В. Transient behavior of the MAF/M/1/N queuing system // Mathematics. 2021. V.9, №20. С. 2559.
  5. Вытовтов К.А., Барабанова Е.А. An Analytical Method for the Analysis of Inhomogeneous Continuous Markov Processes with Piecewise Constant Transition Intensities // Automation and Remote Control. 2021. Vol. 82, No. 12. С. 2111–2123.

Выбор **Степанова Михаила Сергеевича** в качестве официального оппонента обусловлен тем, что Степанов М.С. активно исследует вероятностные модели инфокоммуникационных систем. В частности, в сферу его научных интересов входит изучение моделей с управлением входящего трафика, что является одним из важных аспектов диссертационного исследования Виана Карвалью Кравида Илкиаша.

Основные публикации **Степанова М.С.** по тематике диссертационного исследования:

1. Collective servicing of heterogenous traffic streams over 3gpp lte network and application of access control / Umer M.A., Stepanov M.S. // T-Comm. 2022. T. 16. № 3. С. 43-49.
2. Effective Algorithm of Estimation the Performance Measures of Group of Servers with Dependence of Call Repetition on the Type of Call Blocking / Stepanov, M.S., Stepanov, S.N., Kroshin, F.S. // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2022, 13766 LNCS, С. 324–337.
3. Estimation of the performance measures of a group of servers taking into account blocking and call repetition before and after server occupation / Stepanov, S., Stepanov, M. // Mathematics, 2021, 9(21), 2811

**Диссертационный совет** отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Разработана математическая модель обслуживания механизма порогового управления трафиком на примере системы массового обслуживания (СМО)  $G|M|1|\infty$  с вероятностным механизмом сброса, момент включения/выключения которого определяется соотношением текущей длиной очереди и порогового значения  $Q_1$  в накопителе. Данный порог также определяет область в накопителе, из которой



поступившие в систему заявки не могут быть сброшены. Доказано, что вероятностное распределение числа заявок в системе (по вложенной цепи Маркова) имеет геометрический вид (если преодолен порог). Получены аналитические выражения для расчета вероятности того, что поступившая в систему заявка либо будет обслужена, либо будет сброшена. Также в терминах преобразований Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) получены выражения для стационарного распределения времени пребывания в накопителе обслуженной и сброшенной заявок, а также формулы для средних значений временных характеристик при различных вариантах обслуживания.

– На основе системы массового обслуживания  $G|M|1|\infty$  с полным обновлением разработана математическая модель механизма порогового управления трафиком, для которого пороговое значение  $Q1$  задает только момент включения механизма сброса. Доказано, что вероятностное распределение числа заявок в системе (по вложенной цепи Маркова) имеет геометрический вид (если преодолен порог  $Q1$ ). Представлены уравнения для стационарного распределения времени пребывания в накопителе обслуженной или сброшенной заявок.

– На основе СМО  $G|M|1|\infty$  с обобщенным обновлением разработана и рассмотрена математическая модель механизма порогового управления трафиком, для которого пороговое значение  $Q1$  не только определяет момент включения механизма сброса, но и задает границы безопасной области в накопителе, из которой находящиеся в ней заявки не могут быть сброшены. Доказано, что вероятностное распределение числа заявок в системе (по вложенной цепи Маркова) имеет геометрический вид (если преодолен порог). Получены аналитические выражения для расчета вероятности того, что поступившая в систему заявка либо будет обслужена, либо будет сброшена. Также в терминах ПЛС получены выражения для стационарного распределения времени пребывания в накопителе обслуженной и сброшенной заявок, а также формулы для средних значений временных характеристик при различных вариантах обслуживания и обновления.

#### **Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- предложены математические модели управления входящим в систему потоком заявок с помощью порогового механизма вероятностного сброса (полного и обобщенного обновления);
- получены аналитические выражения расчета стационарного по вложенной цепи Маркова распределения числа заявок как для модели с пороговым механизмом полного обновления, так и для модели с пороговым механизмом обобщенного обновления;
- получен вид вероятности обслуживания и вероятности сброса для моделей с безопасной зоной в накопителе для механизмов полного или обобщенного обновления с одним пороговым значением;
- получены в терминах преобразований Лапласа-Стилтьеса выражения для стационарной функции распределения времени пребывания заявки в накопителе



сброшенной заявки и стационарной функции распределения ожидания начала обслуживания как для однопороговой модели полного обновления, так и для однопороговой модели обобщенного обновления.

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

- *использованы* вложенные цепи Маркова для анализа построенных на базе систем массового обслуживания  $G|M|1|\infty$  моделей порогового управления входящим потоком;
- *использованы* преобразования Лапласа-Стилтьеса и производящие функции для вывода функции распределения времени пребывания заявки в накопителе сброшенной заявки и функции распределения ожидания начала обслуживания как для однопороговой модели полного обновления, так и для однопороговой модели обобщенного обновления;
- *использованы* преобразования Лапласа-Стилтьеса и производящие функции для вывода формул расчета среднего времени пребывания в накопителе сброшенной заявки и среднего времени ожидания начала обслуживания как для модели с полным обновлением и безопасной зоной в накопителе, так и для пороговой модели обобщенного обновления с безопасной зоной в накопителе;
- *изучено* (с помощью имитационного моделирования) влияние вероятности обновления и порогового значения на вероятность обслуживания принятой в систему заявки, вероятность потери принятой в систему заявки, среднюю и максимальную длину очереди, среднее время ожидания начала обслуживания.

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

- *разработана* программа имитационного моделирования в среде GPSS для модели пороговой модели полного обновления с безопасной зоной в накопителе;
- *разработана* программа имитационного моделирования в среде GPSS для модели пороговой модели полного обновления без безопасной зоны в накопителе;
- *разработана* программа имитационного моделирования в среде GPSS для модели пороговой модели обобщенного обновления с безопасной зоной в накопителе;
- *представлены* рекомендации по выбору значения порога в накопителе и значения вероятности обновления для уменьшения времени ожидания начала обслуживания (задержки передачи).

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- теория
  - дополняет известные результаты по системам массового обслуживания  $G|M|1|\infty$  с полным и обобщенным обновлением,
- 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 утверждений, опубликованных в рецензируемых журналах,  
– использованы
- прямые методы проверки полученных результатов с помощью сравнения с результатами имитационного моделирования.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что Виана Карвалью Кравид Илкиаш, работая в коллективе соавторов, самостоятельно:

- разработал и исследовал пороговые модели управления входящим потоком на примере однолинейной системы массового обслуживания с рекуррентным входящим потоком и экспоненциально распределенным временем обслуживания с пороговым механизмом полного обновления с и без безопасной зоны в накопителе неограниченной емкости,
- вывел аналитические выражения для расчета вероятностно-временных характеристик рассматриваемой данной пороговой модели;
- разработал и исследовал пороговую модель управления входящим потоком на примере однолинейной системы массового обслуживания с рекуррентным входящим потоком и экспоненциально распределенным временем обслуживания с пороговым механизмом обобщенного обновления и безопасной зоной в накопителе неограниченной емкости и вывел аналитические выражения для расчета вероятностно-временных характеристик рассматриваемой пороговой модели;
- провел в среде GPSS имитационное моделирование для рассмотренных в диссертации аналитических моделей с последующей интерпретацией полученных результатов.

Диссертационное исследование Виана Карвалью Кравид Илкиаша является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи активного управления очередью и порогового управления входящим трафиком, имеющей важное значение для анализа эффективности функционирования современных телекоммуникационных систем, так как позволяет адекватно описывать процессы, связанные с потерей информации, возникающие в современных системах передачи данных. С помощью полученных аналитических выражений можно производить расчет основных характеристик функционирования систем – вероятности потери поступающего пакета, задержку передачи данных.

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. Ланеевым и доктором физико-математических наук, доцентом, профессором Департамента математики Финансового Университета при Правительстве РФ Е.Ю. Щетининым.



На заседании 1 марта 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Виана Карвалью Кравиду Илкиапу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

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



Кулябов Д.С.

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



Демидова А.В.

«1» марта 2024 г.