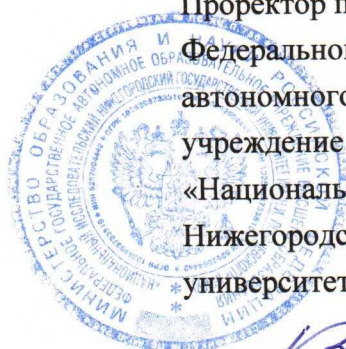


«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»



В.Б. Казанцев

В.Б. Казанцев

«16» марта 2017 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Чернавской Екатерины Александровны «Предельные теоремы для бесконечноканальных систем с тяжелыми хвостами распределений времен обслуживания», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.05 – теория вероятностей и математическая статистика

1. Актуальность

Диссертационная работа Чернавской Е.А. посвящена изучению систем массового обслуживания с бесконечным числом приборов. Необходимость рассмотрения такого класса возникает каждый раз, когда производственные мощности реальных технических систем передачи и обработки информации многократно возрастают в ходе технического прогресса. Исследования в данном направлении начались с 1950-х годов в работах Дж. Риордана (1951), Л. Такача (1962) и Н. Каплана (1975). Развитие теории в сторону учета более реалистичных моделей процессов поступления и обслуживания требований привело к необходимости рассмотрения таких широких классов входящих потоков как дважды стохастические потоки, рекуррентные потоки, неординарные потоки и распределений длительностей обслуживания с бесконечным средним значением. Известно существование стационарного распределения для числа занятых линий в бесконечнолинейных системах с конечным средним временем обслуживания. В 1975 году Н.Каплан доказал аналоги закона больших чисел и центральной предельной теоремы для числа требований в бесконечноканальных системах с рекуррентным входящим потоком и бесконечным математическим ожиданием времени обслуживания. Диссертация Е.А. Чернавской посвящена расширению класса изученных систем указанного типа на дважды стохастические пуассоновские и регенерирующие входящие потоки требований. Также исследованы модели, в которых требования поступают в систему группами случайного объема через независимые одинаково распреде-

ленные интервалы времени, при этом размеры групп и интервалы между их поступлениями могут быть зависимы. Таким образом, актуальность работы Чернавской Е.А. связана как с возможными применениями основных положений диссертации для анализа сложных реальных систем, так и с развитием аппарата асимптотического анализа стохастических процессов достаточно общего вида.

2. Основные результаты диссертации и новизна проведенных исследований

Первая глава диссертации посвящена бесконечноканальным системам обслуживания с дважды стохастическим пуассоновским входящим потоком. Основные свойства таких потоков описаны в работе Гранделла (1976 г.). Известно, что класс дважды стохастических пуассоновских потоков включает в себя марковски модулированный, марковски модулированный полумарковский потоки. Если траектория случайной интенсивности дважды стохастического пуассоновского потока фиксирована, то он становится обычным пуассоновским потоком с интенсивностью, зависящей от времени. Благодаря этому свойству в диссертации найдено выражение для характеристической функции процесса $\{q(t); t \geq 0\}$. На этой основе получены выражения для среднего и дисперсии этого процесса. Используя точную оценку асимптотики свертки функций при известных значениях асимптотик самих функций, автор получил асимптотики математического ожидания и дисперсии процесса $\{q(t); t \geq 0\}$. На этом основании, методом характеристических функций доказаны предельные теоремы для процесса $\{q(t); t \geq 0\}$ при $t \rightarrow \infty$. Также рассмотрено несколько следствий для систем с входящими потоками, являющимися частными случаями дважды стохастического пуассоновского: система, в которой интенсивность входящего дважды стохастического потока является регенерирующим процессом, и система с полумарковским марковски модулированным потоком.

Во *второй главе* изучается система с регенерирующим входящим потоком. Класс таких потоков весьма широк. Регенерирующими является большинство потоков, обычно используемых в теории массового обслуживания в качестве входных. Среди них дважды стохастический поток со случайной интенсивностью, являющейся регенерирующим процессом, полумарковский марковски модулированный поток.

Сначала рассмотрена бесконечноканальная система, в которую требования поступают группами случайного объема через независимые одинаково распределенные промежутки времени. Получены удобные выражения для характеристической функции процесса $\{q(t); t \geq 0\}$, которые позволяют найти асимптотики математического ожидания и дисперсии. Для систем с групповым поступлением требований доказаны аналоги закона больших чисел и центральной предельной теоремы для процесса $\{q(t); t \geq 0\}$ в моменты приходов групп требований.

Затем изучается бесконечноканальная система с общим регенерирующим входящим потоком. Тут возникают две проблемы. Во-первых, задача перехода к случайному индексу в полученных предельных теоремах для систем с групповым поступлением требований. Во-вторых, — задача перехода в формулировках предельных теорем от случайного момента прихода группы

требований к времени t . Основную сложность представляет решение первой задачи, которое было получено с использованием максимальных неравенств для демимартингалов.

В третьей главе для системы массового обслуживания с пуассоновским входящим потоком доказана функциональная предельная теорема для нормированного и центрированного процесса $\{q(tT); t \in (0, h)\}$, $h > 0$ при $T \rightarrow \infty$ к гауссовскому процессу. Пока эта задача была решена только для случая постоянной интенсивности входящего потока. Получение этого результата производится в два шага. Доказательство сходимости конечномерных распределений получено на основании методов первой главы диссертации. Доказательство плотности распределений процесса $\{q(tT); t \in (0, h)\}$ осуществляется с использованием демимартингальной техники, развитой во второй главе.

Все основные результаты исследования асимптотик процесса изменения числа требований в системе в классах дважды стохастического пуассоновского потока, потока регенерирующего потока и пуассоновского потока являются новыми. Отличие от существующих методов заключается в использовании мажорирующих процессов и демимартингальной техники.

3. Обоснованность, достоверность, апробация и публикация результатов

Все изложенные в работе утверждения строго доказываются. При этом корректно применяются методы теории вероятностей, теории случайных процессов, математического анализа, функционального анализа.

Основные положения диссертации были представлены научной общественности на международных научных конференциях в России и за рубежом, а также апробировались на семинарах механико-математического факультета МГУ. Результаты были опубликованы в рецензируемых журналах, в том числе, в журналах из «Перечня научных рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук» – 3 работы. Список конференций, семинаров и полный список публикаций автора по теме диссертации приведен в автореферате диссертации.

4. Значимость полученных результатов и рекомендации по использованию

Работа носит четко выраженный теоретический характер по постановке задач и методам исследования. Результаты работы будут интересны, несомненно, для специалистов по теории вероятностей и случайных процессов, теории массового обслуживания, теории надежности, математической теории страхования. Основные положения работы могут быть полезны при проектировании систем передачи и обработки информации, организации дорожного движения на неуправляемых перекрестках, управлении страховыми рисками, тестировании программного обеспечения. Теоретические результаты могут быть использованы в различных научных центрах по изучению стохастических систем, таких как МГУ имени М.В. Ломоносова, Новосибирский государственный университет, Российский университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Нацио-

нальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Национальный исследовательский Томский государственный университет.

5. Замечания по диссертационной работе

1. В работе имеются погрешности при наборе рукописи: отсутствие переносов некоторых знаков операций на новую строку (например, на стр.10, 42). Видимо, определение σ -алгебры F в главе 3 отличается от ее определения в главе 2, однако это в тексте не оговаривается.

2. А первой главе диссертации процесс интенсивностей $\{\lambda(y, \omega), y \geq 0\}$ предполагается стационарным в широком смысле, а в автореферате – просто «стационарным».

3. Небольшое число утверждений следовало бы пояснить более подробно, например: последний переход в формуле (1.3), роль функции $\varphi(n)$ в соотношениях (2.8), (2.9).

4. Основные усилия в работе были направлены на изучение свойств процесса $\{q(t); t \geq 0\}$, который есть результат некоторого функционального преобразования над входными управляющими последовательностями (по терминологии А.А. Боровкова). При этом сам вид этого функционала был известен и новизна постановки состоит в расширении класса входных управляющих последовательностей. Сама возможность выписать явный вид данного функционала связана с отсутствием взаимодействия между требованиями и отсутствия управляющих функций у системы обслуживания. Хотелось бы пожелать в дальнейшем развивать применяемые методы также и к анализу систем обслуживания с внутренними структурными перестройками.

Сделанные замечания не влияют на итоговую положительную оценку работы.

6. Заключение

Диссертация Е.А. Чернавской является завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему и содержит решение важной для теории массового обслуживания задачи. Все результаты являются новыми и получены автором самостоятельно и говорят о высокой научной квалификации автора. Достоверность результатов обеспечивается применением строгих математических методов. Основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и правильно отражены в автореферате диссертации. На основании вышесказанного можно утверждать, что диссертация Е.А. Чернавской удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации, а ее автор, Чернавская Екатерина Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.05 – «теория вероятностей и математическая статистика».

Отзыв подготовили профессор кафедры программной инженерии Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, и.о. руководителя Центра прикладной

теории вероятностей, д.ф.-м.н., профессор Федоткин М.А. и доцент кафедры программной инженерии Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, к.ф.-м.н., доцент Зорин А.В. Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры программной инженерии Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского 3 марта 2017 года (протокол № 3).

Заведующий кафедрой программной инженерии
Института информационных технологий, математики
и механики Национального исследовательского Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
д.т.н., профессор **Гергель Виктор Павлович**

Профессор кафедры программной инженерии
Института информационных технологий, математики
и механики Национального исследовательского Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
и.о. руководителя Центра прикладной теории вероятностей,
д.ф.-м.н., профессор **Федоткин Михаил Андреевич**

Доцент кафедры программной инженерии
Института информационных технологий, математики
и механики Национального исследовательского Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
к.ф.-м.н., доцент **Зорин Андрей Владимирович**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ)

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23.

E-mail: andrei.zorine@itmm.unn.ru, сайт: <http://www.itmm.unn.ru/pi>

Тел.: 8 (831) 462-33-68

Подпись *Терехина В. П.*
Федоткина М.А. Зорина А.В.
Заведующий Ученый секретарь ННГУ
Л.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21