

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**на диссертацию Сидоровой Екатерины Филипповны**

**«Оценивание состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)**

**Актуальность темы исследования.** Исследования случайных потоков событий, которые поступают на вход систем и сетей массового обслуживания, являющихся математическими моделями современных телекоммуникационных систем и сетей связи, являются актуальными ввиду появления все большего количества задач прикладного характера в данной сфере. Наиболее адекватными моделями для описания реальных информационных потоков принято считать дважды стохастические потоки событий как потоки с интенсивностью, представляющей собой случайный процесс.

В течение последних лет отмечается активное развитие теории дважды стохастических потоков событий, с чем связано построение все более сложных «экзотических» моделей, для которых разрабатываются алгоритмы и процедуры оценивания состояний и параметров потоков на основе

наблюдений за потоками событий. Результаты подобных исследований носят характер теоретических положений и применяются при решении прикладных задач в области систем и сетей связи.

Проектирование и создание информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем и сетей связи сопряжены с построением их математических моделей; адекватность последних напрямую зависит от внешних факторов, которые необходимо учитывать при моделировании, – коррелированность циркулирующих в сетях информационных потоков, а также возможные потери информации при обработке данных. Последний фактор рассматривается в терминах теории как «мертвое время» регистрирующих приборов: зарегистрированное событие вызывает период ненаблюдаемости последующих событий (длительность мертвого времени может быть как детерминированной, так и случайной величиной). В этой связи на практике зачастую применяются адаптивные системы и сети обслуживания, которые в зависимости от полученных оценок состояний и параметров входящих потоков событий (заявок, сообщений), могут своевременно изменять дисциплину обслуживания последних.

Автором в работе рассмотрен дважды стохастический обобщенный синхронный поток событий второго порядка, функционирующий в условиях доступности наблюдению всех событий потока и при непродлеваемом мертвом времени фиксированной длительности. Решены задачи построения оптимальных оценок состояний потока в двух (отмеченных выше) режимах его функционирования, построения оценок параметров распределения в условиях полной наблюдаемости потока и построения оценок длительности мертвого времени в условиях его наличия. Проведенное исследование является актуальным и перспективным, может быть использовано, в том числе, при реализации управления адаптивными системами массового обслуживания.

## **Научная новизна результатов и положений диссертационной работы.**

1. Аналитически в явном виде получены апостериорные вероятности состояний исследуемого потока событий для случаев отсутствия и наличия непродлевающегося мертвого времени.
2. Сформулированы алгоритмы расчета апостериорной вероятности и основанные на методе максимума апостериорной вероятности (байесовский принцип оптимальности) алгоритмы вынесения решения о состоянии обобщенного синхронного потока событий второго порядка в произвольный момент времени функционирования потока в условиях полной и частичной его наблюдаемости.
3. Аналитически в явном виде получены одномерные плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями потока для случаев отсутствия и наличия непродлевающегося мертвого времени.
4. Аналитически в явном виде получены совместные плотности вероятности значений длительностей смежных интервалов между моментами наступления событий потока для случаев отсутствия и наличия непродлевающегося мертвого времени.
5. Сформулированы условия рекуррентности рассматриваемого потока.
6. Аналитически с использованием метода моментов найдены оценки параметров плотности вероятности в коррелированном (в общем случае) и рекуррентном потоках в условиях их полной наблюдаемости.
7. Аналитически и численно с использованием метода моментов найдены оценки длительности мертвого времени в коррелированном (в общем случае) и рекуррентном потоках в условиях их частичной наблюдаемости.
8. Разработан алгоритм аппроксимации реальных данных трафика обобщенным синхронным потоком событий второго порядка в предположении отсутствия искажающих факторов (в условиях доступности наблюдению всех моментов приходов пакетов данных).

9. Алгоритмы оценивания реализованы в виде программных модулей и детально исследованы методом статистического моделирования.

Результаты, полученные автором, представляют собой новые научные положения, в совокупности вносящие существенный вклад в развитие теории дважды стохастических потоков событий.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость заключается в аналитическом решении задач оптимальной оценки состояний и оценки параметров плотности вероятности значений длительности интервала между событиями обобщенного синхронного потока второго порядка согласно критерию максимума апостериорной вероятности и методу моментов соответственно в условиях полной наблюдаемости потока и при наличии непродлевающегося мертвого времени фиксированной длительности.

Практическая значимость обеспечивается возможностью использования результатов работы при проектировании адаптивных систем массового обслуживания, которые являются математическими моделями информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем, дисциплины обслуживания которых зависят от текущих состояний и параметров входящих потоков.

**Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.** Все выносимые на защиту научные положения диссертации Сидоровой Е.Ф. корректно сформулированы. Достоверность основных выводов и рекомендаций обеспечивается подробным описанием, строгими математическими доказательствами формулируемых утверждений, подкрепленных численными результатами экспериментов (на базе рассмотренных методов статистического оценивания) с использованием разработанной автором имитационной модели обобщенного синхронного потока событий второго порядка.



Представленные в работе результаты в достаточной мере апробированы на международных и всероссийской с международным участием конференциях, что дополнительно свидетельствует об их достоверности и обоснованности.

**Полнота опубликованных результатов исследования, соответствие автореферата содержанию диссертации.** По теме диссертационного исследования автором опубликовано 13 работ, среди которых 2 статьи в журналах Перечня ВАК (обе индексируются Web of Science); 1 статья в российском научном журнале; 2 статьи в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Scopus и / или Springer; 8 публикаций в сборниках материалов научных конференций.

Автореферат логично выстроен, корректно и в достаточной мере отражает основные результаты диссертационной работы.

**Возможность использования результатов работы.** Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, представляют интерес для специалистов в области теории массового обслуживания и теории случайных процессов, в частности, теории дважды стохастических потоков событий.

Сформулированные выводы используются в учебном процессе в Институте прикладной математики и компьютерных наук (ИПМКН) НИ ТГУ в курсах лекций образовательных дисциплин «Имитационное моделирование», «Оценка состояний дважды стохастических потоков событий», «Оценка параметров дважды стохастических потоков событий», «Методы идентификации и оценки параметров телекоммуникационных потоков» для бакалавров и магистрантов ИПМКН.

Рекомендуется внедрение результатов исследования в учебный процесс Российского университета дружбы народов и других высших образовательных учреждений, в которых ведется подготовка специалистов по направлению прикладной математики и информатики.

### **Замечания по диссертационной работе.**

1. Диссертантом проделан достаточно большой объем аналитических исследований обобщенного синхронного потока событий второго порядка для случая, когда сопровождающий случайный процесс имеет два состояния. К сожалению, автором не оговариваются возможности распространения разработанных им алгоритмов оценивания (состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени) на случай произвольного числа состояний.
2. Задача об оценке состояний обобщенного синхронного потока событий второго порядка решена только в случае коррелированного потока. Возникает вопрос, почему задача оценивания состояний не рассмотрена для случая рекуррентного потока, хотя для получения явного вида апостериорной вероятности первого состояния потока необходимо использовать одно из условий рекуррентности (подраздел 2.4.1, стр. 64), подставив его в уравнение (2.1.5) и в формулу пересчета (2.1.7).
3. Исходные данные для численного эксперимента в разделе 2.6 диссертации – это данные из источников [139], [157], [158], самый поздний из которых датируется 1994 годом. С 1994 года существенно поменялся характер трафика в сетях. Следовало бы взять для численного эксперимента более свежие актуальные исходные данные.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации Сидоровой Е. Ф.

**Общее заключение.** Диссертационная работа Сидоровой Е.Ф. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой аналитически решены актуальные задачи оценивания состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка, рассматриваемом в условиях его полной наблюдаемости и при наличии непродлевающегося мертвого

времени; продемонстрирована возможность аппроксимации реального трафика предложенной моделью потока.

Совокупность разработанных и оформленных в виде лемм и теорем теоретических положений можно классифицировать как значительный результат для развития теории дважды стохастических потоков событий.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация «Оценивание состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации), соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Сидорова Екатерина Филипповна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент  
доцент кафедры прикладной информатики и  
теории вероятностей  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Российский университет дружбы народов»  
(ФГАОУ ВО РУДН),  
кандидат физико-математических наук  
(специальность 05.13.17 – Теоретические  
основы информатики), доцент

И.А. Гудкова

9 января 2020 г.

Подпись И.А. Гудковой удостоверяю.

Ученый секретарь ФГАОУ ВО  
«Российский университет дружбы народов»,  
доктор физико-математических наук,  
профессор



В.М. Савчин

9 января 2020 г.

Отзыв подготовила:

Гудкова Ирина Андреевна, гражданка Российской Федерации, кандидат физико-математических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», доцент по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей

Адрес: Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Тел.: +7 (495) 955 08 78. E-mail: [gudkova-ia@rudn.ru](mailto:gudkova-ia@rudn.ru)

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО РУДН)

Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

+7 (495) 434 53 00; [rector@rudn.ru](mailto:rector@rudn.ru); <http://www.rudn.ru>)