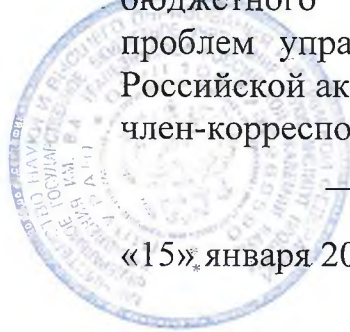


«УТВЕРЖДАЮ»

Директор федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт
проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук,
член-корреспондент РАН,



Д.А. Новиков

«15» января 2020 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации – федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук на диссертационную работу**

Сидоровой Екатерины Филипповны

**«Оценивание состояний, параметров распределения и длительности
мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго
порядка», представленную к защите в Диссертационном Совете 212.267.12,
созданном на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Национальный
исследовательский Томский государственный университет», 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. В диссертационной работе Е. Ф. Сидоровой осуществляется аналитическое и численное исследование обобщенного синхронного потока событий второго порядка, функционирующего в стационарном режиме в условиях полной наблюдаемости и в условиях непродлевающегося мертвого времени. Целью работы является разработка алгоритмов оптимального оценивания состояний, алгоритмов оценивания параметров распределения и длительности мертвого времени на основе наблюдаемой выборки моментов наступления событий в изучаемом дважды стохастическом потоке.

Усложнение структуры цифровых систем интегрального обслуживания, развитие спутниковых, мобильных и компьютерных сетей послужило стимулом к рассмотрению дважды стохастических потоков событий в качестве математических моделей информационных потоков в реальных телекоммуникационных и информационно-вычислительных сетях связи. Введенные в работах М. Бартлетта, Д. Кокса и Дж. Кингмена дважды стохастические потоки как потоки, интенсивность которых есть случайный процесс, могут быть разделены на потоки с интенсивностью, представляющей собой либо непрерывный, либо кусочно-постоянный случайный процесс с

конечным числом состояний. Потoki первого класса исследованы, в частности, в трудах М. Бартлетта, Д. Кокса, Дж. Кингмена и Д. Снайдера, потоки второго класса впервые изучены в 1979 г. в работах отечественных авторов Г. П. Башарина, В. А. Кокотушкина, В. А. Наумова и зарубежного автора М. Ньюта, а далее исследованы, в частности, Д. Лукантони и определены им как МАР-потоки (Markovian Arrival Process).

Режим функционирования систем массового обслуживания непосредственно зависит и от параметров входящего потока, и от его состояний. В реальных ситуациях параметры входящего потока и его состояния либо лишь частично известны, либо неизвестны, либо изменяются со временем. Вследствие этого, при реализации управления обслуживанием входящего потока и адаптации реальной системы к нему возникают задачи оценивания состояний потока событий и (или) его параметров в режиме реального времени.

Решение сформулированных проблем может быть осложнено наличием в математической модели потока искажающих факторов, существенно влияющих на качество оценивания. Одним из таких факторов, в частности, выступает мертвое время регистрирующих приборов, порождаемое каждым зарегистрированным событием. Наступившие в течение периода мертвого времени события исходного потока становятся недоступны для наблюдения (т.е. теряются). Чтобы оценить потери событий потока, возникающие ввиду эффекта мертвого времени, необходимо оценить значение его длительности.

В диссертации Е. Ф. Сидорова ссылаются на научные школы, в которых проводятся исследования СМО с входящими дважды стохастическими потоками событий, а также непосредственное изучение последних. Автором подчеркивается, что интенсивное развитие компьютерных сетей порождает реальные информационные потоки, принимающие разнообразные экзотические формы.

Таким образом, проведение исследования модели обобщенного синхронного дважды стохастического потока событий второго порядка в рамках оценивания состояний потока и параметров распределения длительности интервала между его событиями является актуальной научной проблемой, отвечающей цели перспективного практического использования аналитических результатов работы.

Общая характеристика диссертации. В диссертационной работе исследуются и решаются задачи:

- построения математической модели обобщенного синхронного потока второго порядка при полной либо частичной наблюдаемости моментов наступления событий;
- разработки алгоритмов оптимальной оценки состояний потока в произвольный момент времени с использованием метода максимума апостериорной вероятности;
- разработки процедур оценивания параметров плотности вероятности значений длительности интервала между соседними событиями потока, а также длительности непродлевающегося мертвого времени согласно методу моментов;

- создания алгоритма расчета оценки полной (безусловной) вероятности вынесения ошибочного решения о состоянии потока;
- создания алгоритма аппроксимации реального трафика исследуемым дважды стохастическим потоком;
- построения имитационной модели потока событий;
- проведения статистических экспериментов на имитационной модели с целью установления качества получаемых оценок состояний и параметров распределения.

Диссертация Е. Ф. Сидоровой состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и трех приложений. Текст диссертационной работы изложен на 149 страницах. Список литературы включает 197 наименований.

Во введении автор отражает краткие сведения о становлении и развитии теории массового обслуживания и теории дважды стохастических потоков событий, перечисляет научные школы по исследованию систем и сетей массового обслуживания, в том числе, с входящими дважды стохастическими потоками, приводит обзор научных трудов по изучаемой тематике, обосновывает актуальность темы, формулирует цели и задачи диссертационного исследования, излагает теоретическую и практическую значимость работы и научную новизну полученных результатов.

В первой главе диссертации автором предлагается математическое описание модели обобщенного синхронного потока событий второго порядка, для которого доказывается марковость сопровождающего случайного процесса $\lambda(t)$, строятся матрицы инфинитезимальных характеристик процесса $\lambda(t)$.

Во второй главе диссертации автором решаются задачи оптимального оценивания состояний и оценивания параметров плотности вероятности значений длительности интервала между событиями исследуемого потока в условиях его полной наблюдаемости.

Получены аналитические выражения для апостериорных вероятностей состояний потока с использованием рекуррентного соотношения. Сформулирован алгоритм оптимальной оценки состояний по наблюдениям за моментами наступления событий при использовании в качестве решающего правила критерия максимума апостериорной вероятности, который обеспечивает минимум полной (безусловной) вероятности ошибки при принятии решения о состоянии процесса $\lambda(t)$ (потока).

Выведены одномерная плотность вероятности значений длительности интервала и совместная плотность вероятности значений длительностей смежных интервалов между событиями потока, сформулированы условия его рекуррентности. Найдены оценки параметров распределения в коррелированном и рекуррентном потоках согласно методу моментов.

Поставлены статистические эксперименты на имитационной модели потока с использованием соответствующих аналитических формул. Приводится процедура аппроксимации реальных данных трафика обобщенным синхронным потоком второго порядка, демонстрируется практическая реализация разработанной методики.

В третьей главе диссертации автором решаются задачи оптимального оценивания состояний и оценивания периода ненаблюдаемости в исследуемом потоке, функционирующем при непродлеваемом мертвом времени фиксированной длительности.

Описан принцип формирования наблюдаемого потока событий. Получены аналитические выражения для апостериорных вероятностей состояний потока, справедливые на интервалах мертвого времени и на интервалах наблюдаемости. Сформулированы алгоритм расчета апостериорной вероятности $w(\lambda_1|t)$ и алгоритм принятия решения о состоянии процесса $\lambda(t)$ в произвольный момент времени t .

Выведены одномерная и совместная плотности вероятности, сформулированы условия рекуррентности потока. Предложены алгоритмы, обеспечивающие отыскание единственных оценок длительности мертвого времени в коррелированном и рекуррентном потоках, получаемые аналитически и численно согласно соответствующим уравнениям моментов.

Поставлены статистические эксперименты на имитационной модели обобщенного синхронного потока событий второго порядка при неполной его наблюдаемости, которые устанавливают качество получаемых оценок.

В заключении формулируются основные выводы и результаты диссертационного исследования.

В приложении А приводятся блок-схемы имитационной модели исследуемого потока событий с содержательным их описанием.

В приложении Б описываются результаты проверки качественной работоспособности разработанной автором имитационной модели.

В приложении В содержится акт о внедрении результатов диссертации в учебный процесс НИ ТГУ.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов. Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в получении существенных результатов для развития теории дважды стохастических потоков событий. Для обобщенного синхронного потока событий второго порядка аналитически решены задачи:

1) оптимального оценивания состояний потока методом максимума апостериорной вероятности и оценивания параметров распределения в коррелированном и рекуррентном потоках методом моментов при доступности наблюдению всех событий потока;

2) оптимального оценивания состояний потока методом максимума апостериорной вероятности и оценивания периода ненаблюдаемости в коррелированном и рекуррентном потоках методом моментов при наличии в модели непродлеваемого мертвого времени фиксированной длительности.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанные алгоритмы оценивания как состояний, так и параметров распределения в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка при полной либо частичной наблюдаемости (при непродлеваемом мертвом времени) могут быть использованы при решении задач проектирования и последующего анализа автоматизированных информационно-вычислительных систем, компьютерных и

спутниковых сетей связи, адаптации математических моделей к информационным потокам сообщений, а также обработки результатов физических экспериментов.

Полученные в диссертации результаты могут быть включены в учебный процесс в Томском государственном университете, Новосибирском государственном университете, Сибирском федеральном университете, Российском университете дружбы народов, а также могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских Институтах и проектных организациях, занимающихся исследованием информационно-телекоммуникационных систем и сетей и функционированием в них случайных потоков событий, в частности, в Институте проблем управления РАН, Институте проблем передачи информации РАН, в Институте прикладной математики Дальневосточного отделения РАН и др.

Результаты диссертационной работы используются 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 магистров Института прикладной математики и компьютерных наук НИ ТГУ, о чем свидетельствует акт о внедрении (**Приложение В** диссертации).

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций диссертации Сидоровой Е. Ф. подтверждается строгостью математического подхода к изложенным в работе доказательствам, корректностью применяемых методик исследования и проведения расчетов, многочисленными статистическими экспериментами, проведенными на имитационной модели исследуемого потока событий при его полной наблюдаемости и при наличии непродлевающегося мертвого времени фиксированной длительности, анализом численных результатов и, кроме того, согласованностью аналитических результатов с результатами для модели дважды стохастического синхронного потока событий первого порядка, обобщением которого является исследуемый автором поток событий.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации. Автор лично участвовал в выводе аналитических выражений и формул, доказательстве лемм и теорем, в получении и анализе как аналитических, так и численных результатов. Программная реализация имитационной модели исследуемого обобщенного синхронного потока событий второго порядка, поддерживающей режимы полной и частичной наблюдаемости потока, встраивание в нее сформулированных алгоритмов оценивания состояний и параметров распределения выполнены лично автором. Постановка изложенных задач сделана научным руководителем, доктором физико-математических наук, доцентом Л. А. Нежелской, в совместных публикациях ей также принадлежат формулировки проблем и указания основных направлений исследований.

Результаты проверки диссертации в системе «Антиплагиат». Результаты проверки диссертации в системе «Антиплагиат» показали, что оригинальный текст в документе составляет 65,30%, цитирования – 15,89%; заимствования –

18,81% – присутствуют в 128 источниках, в числе которых публикации научного руководителя автора (0,22 % составляет совместная работа). Таким образом, текст, принадлежащий автору, составляет **81,41%**; оставшиеся 18,59% текстовых совпадений с источниками других авторов не являются существенными и представляют собой названия конференций, корректно оформленные цитаты, общенаучные выражения, общеупотребительные формулировки, выражения и высказывания, типичные в рамках научного направления исследования, соответствующего тематике диссертации. Анализ имеющихся текстовых совпадений с другими источниками и их характера позволяют считать диссертацию Е. Ф. Сидоровой оригинальной научно-квалификационной работой.

В диссертационной работе не выявлено использование заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования и результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Публикации и апробация результатов исследования. По теме диссертации автором опубликовано 13 работ, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (обе индексируются Web of Science); 1 статья в российском научном журнале; 2 статьи в сборниках материалов конференций, опубликованных в зарубежных научных изданиях, входящих в Scopus и /или Springer; 8 публикаций в сборниках материалов конференций. Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 8 международных и всероссийской с международным участием научных конференциях, в том числе на секциях на иностранном языке.

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации ее содержанию. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает содержание диссертации, логично выстроен, содержит и кратко излагает все основные положения и материалы, сформулированные в тексте диссертационной работы. В автореферате выделены все решаемые в каждой главе задачи и представлены аналитические и численные результаты.

Замечания по диссертационной работе.

По диссертации отмечено несколько замечаний:

1. Сопровождающий процесс $\lambda(t)$ исследованного в работе обобщенного синхронного потока событий второго порядка является кусочно-постоянным случайным процессом с двумя состояниями S_1 и S_2 , что несколько ограничивает возможность практического применения потока как математической модели реальных информационных потоков сообщений в телекоммуникационных сетях. Было бы интересно рассмотрение задач оценивания состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени в дважды стохастическом потоке событий при произвольном числе состояний случайного процесса $\lambda(t)$.

2. Есть сомнения в употреблении понятий «оценивание» и «оценка» применительно к нечисловым параметрам (состояниям потока), в связи с чем возникают вопросы и к названию самой диссертации. Возможно, было бы дать другое название диссертации – «Проверка гипотезы о состояниях и оценивание параметров распределения и длительности мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка».

3. В диссертационном исследовании при оценке параметров распределения и периода ненаблюдаемости (длительности мертвого времени) автор использует метод моментов и не рассматривает возможность применения метода максимального правдоподобия. Почему?

4. Недостаточно ясно, применимы ли предложенные алгоритмы и процедуры в режиме реального времени?

5. Было бы желательно привести сопоставительный анализ результатов аппроксимации реального трафика обобщенным синхронным потоком события второго порядка и разработанными ранее дважды стохастическими потоками событий, например, потоком ММРР и др.

6. В автореферате следует более четко дать определение «мертвого времени» при первом упоминании данного термина (с. 4), а также аналогично тексту диссертации (с. 31) ввести обозначение r_{m+1} , используемое для дальнейших выводов в тексте автореферата (с. 11).

7. В диссертации автор подробно разъясняет, что рассматриваемый им поток событий относится к МАР-потокам второго порядка, однако в автореферате подобные уточнения отсутствуют, поэтому возникают вопросы о термине «... поток второго порядка».

8. Не совсем ясно, с какой целью автором вводятся дополнительные обозначения при описании состояний S_i , $i=1,2$, обобщенного синхронного потока событий второго порядка вида « S_i понимается как i -ое состояние $\lambda(t)$ и имеет место при $\lambda(t) = \lambda_i$, $i=1,2$, $\lambda_1 > \lambda_2 \geq 0$ » (с. 9 автореферата и с. 20 диссертации).

9. При доказательстве леммы 2.1 в тексте диссертации (с. 32) хотелось бы более подробно описать влияние компонент $\lambda^{(k)}$, r_k двумерного случайного процесса $(\lambda^{(k)}, r_k)$ друг на друга.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертации Сидоровой Е. Ф. и не снижают ее ценность. Полученные в работе научные результаты представляют интерес для исследователей в области теории дважды стохастических потоков событий и теории массового обслуживания.

Общее заключение. Диссертационная работа Е. Ф. Сидоровой, 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), является законченной научно-квалификационной работой, в которой исследован обобщенный синхронный поток второго порядка в рамках решения актуальных задач оценивания состояний и параметров плотности вероятности значений длительности интервала между событиями потока в

условиях его полной наблюдаемости и при непродлеваемом мертвом времени. Совокупность научных теоретических и практических результатов работы вносит существенный вклад в развитие теории дважды стохастических потоков событий.

Диссертация «Оценивание состояний, параметров распределения и длительности мертвого времени в обобщенном синхронном потоке событий второго порядка» соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Сидорова Екатерина Филипповна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв составил главный научный сотрудник, заведующий лабораторией №17 автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, доктор технических наук Фархадов Маис Паша оглы. Отзыв обсужден и одобрен на расширенном семинаре лабораторий №17, 38 Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, протокол №17/01 от 15 января 2020 г.

Главный научный сотрудник
лаборатории № 38 «Управления по
неполным данным» ИПУ РАН,
доктор физико-математических наук

Добровидов Александр Викторович

Главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией №17
«Автоматизированных систем
массового обслуживания и обработки
сигналов» ИПУ РАН,
доктор технических наук

Фархадов Маис Паша оглы

15.01.2020 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
Адрес: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65
Тел.: (495) 334-89-10, факс (495) 334-93-40
E-mail: dan@ipu.ru
Веб-сайт: <http://www.ipu.ru>

