

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.073.04
на базе федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по диссертации
на соискание учёной степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 2 декабря 2019 №13

О присуждении Русеву Владимиру Николаевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методы построения вероятностно-статистических оценок для мониторинга показателей надёжности в диспетчерском управлении транспортом газа» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» принята к защите 8 июля 2019 г., протокол №7, диссертационным советом Д 002.073.04 на базе федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 747/нк от 22 июня 2016 г.

Соискатель Русев Владимир Николаевич, 1975 года рождения, занимает должность старшего преподавателя кафедры высшей математики факультета автоматизации и вычислительной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

В 1997 году соискатель окончил с отличием механико-математический факультет ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Математика, Прикладная математика». С апреля

1998 г. по август 2000 г. работал в Институте проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН) в должности ведущего инженера. С 1 сентября 2000 года по настоящее время работает в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, с сентября 2005 г. работает в должности старшего преподавателя кафедры высшей математики факультета автоматики и вычислительной техники РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. С 05.08. 2013 г. по 05.08. 2018 г. был прикреплен в качестве соискателя для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук к федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина» и сдал кандидатские экзамены по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Диссертация выполнена на кафедре высшей математики факультета Автоматики и вычислительной техники в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Григорьев Леонид Иванович, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления факультета автоматики и вычислительной техники РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Официальные оппоненты:

1. **Антонов Александр Владимирович**, доктор технических наук, профессор, главный эксперт Международного центра подготовки персонала ядерной инфраструктуры АНО ДПО «Техническая академия Росатома».

Отзыв оппонента **положительный**, имеются следующие замечания и рекомендации по диссертации:

- При описании особенностей статистической обработки фрагментарных данных малого объёма автор описывает непараметрические методы анализа. При этом он пишет, что при применении непараметрических методов анализа данных

игнорируется априорная информация о виде закона распределения наблюдаемой случайной величины. Здесь хотелось бы отметить следующее. Во-первых, в статистическом анализе для обработки выборок малого объёма рекомендуется применять именно непараметрические методы. Во-вторых, в настоящее время имеется множество публикаций об использовании байесовских процедур учёта априорной информации применительно к методам непараметрического анализа. И, наконец, если у аналитика имеется достоверная информация о виде закона распределения наблюдаемой случайной величины, то нужно использовать параметрические методы.

- Автор в работе в качестве объекта исследования использует двухпараметрическое распределение Вейбулла-Гнеденко. В плане теоретических исследований выбор автора не вызывает сомнений. Но, когда речь идёт об обработке конкретных статистических данных, то естественным требованием является проверка гипотезы о виде закона распределения. В ряде случаев, для простых объектов, в качестве такого закона может быть подтверждён экспоненциальный закон распределения, в ряде, что-то более общее, чем распределение Вейбулла-Гнеденко, например, распределение со сдвигом. Когда же речь идёт об объектах, содержащих в своей структуре механические элементы, то логично использовать распределения из класса усечённых нормальных распределений.

- В п. 3.4 (стр. 79-82) автор описывает функцию «средняя остаточная наработка» и говорит о применении этого показателя для оценки остаточного ресурса таких объектов как трубопроводы. Следует отметить, что излагаемые методы применимы для обработки информации для объектов, отказы которых являются случайными величинами и происходят внезапно (внезапные отказы). Для трубопроводов характерны постепенные отказы. При работе трубопроводов действуют процессы эрозии, коррозии, накопления повреждений, процессы трещинообразования и т.п. Следовательно, для прогнозирования поведения таких объектов необходимо применять совершенно другие методы, например, методы механики разрушений.

- В приложении В автор описывает метод максимального правдоподобия для случаев полной и цензурированной выборки. В качестве цензурирования рассмотрено однократное цензурирование слева. Данная модель имеет очень ограниченную область применения. В литературе описаны методы обработки многократно цензурированных данных как справа, так и слева. Если под наблюдением имеется совокупность однотипных изделий, то слева мы будем иметь количество цензурированных данных на уровне количества объектов. Не менее важным является учёт наработок, цензурированных справа. При эксплуатации объектов на момент проведения анализа данных всегда есть совокупность объектов, которые к данному моменту продолжают функционировать, и учёт их наработок повышает достоверность и точность оценок.

- В тексте диссертации имеют место опiski, стилистические ошибки и неточности. Например, на стр. 40, первая строка сверху, имеет место несовпадение падежей, «на данных накладываются слишком жесткие требования», должно быть «на данные...». На стр. 134 приводится рисунок, подпись к которому приведена над, а не под рисунком.

2. **Зверкина Галина Александровна**, кандидат физико-математических наук, доцент, и.о. зав. кафедрой «Математическое моделирование и системный анализ» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта».

Отзыв оппонента **положительный**, имеются следующие замечания:

- Представленная диссертация содержит ряд досадных опечаток, пунктуационных и стилистических ошибок. Например, на С.29 мы видим что-то о «теории вероятности» вместо «теории вероятностей», а на С. 83 – замечание о «значении параметра формы распределения Гнеденко-Вейбулла» вместо «значения параметра распределения Гнеденко-Вейбулла»; такого сорта замечания можно продолжить.

- Именованное распределение Вейбулла распределением Гнеденко-Вейбулла оправдано и объяснено автором. Но неясно, почему автор правило Лопиталья

упорно называет правилом Бернулли-Лопиталья. Это не искажает смысла написанного, но вызывает некоторое непонимание.

- В ряде утверждений и математических рассуждений можно обнаружить неточности, впрочем, не влияющие на результат. Например, на С. 86, **Замечание 1.** ... говоря про «нормальную аппроксимацию суммы n независимых одинаково распределенных случайных величин», автор забывает указать «при достаточно больших n ». Или на С. 92 и далее, рассуждая о преобразовании Лапласа, автор забывает указать, что действительная часть комплексной переменной s не может быть произвольной. Также отметим опечатку на С. 101: отсутствует дополнительная «волна» над обратным преобразованием Лапласа.

- Несомненно, автор долго работал над текстом и неоднократно его редактировал. Однако не везде после этого автор уточнил нумерацию формул. Так, на С. 103 «формула (71)» – вероятно, формула (61), а на С. 112 возникает ссылка на неизвестную формулу (71').

- Опираясь с бесконечно малыми величинами, автор не учитывает того, что бесконечно малы они в пределе. Например, на С.107, оценивая c_0 , автор не указывает, что искомое неравенство $c_0 > 0$ верно для достаточно больших β , аналогичные недоговорки есть и в других местах. Но в целом это не влияет на результат, поскольку всегда *молчаливо* предполагается, что $o(\cdot)$ достаточно мало.

Ведущая организация – бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут, в своём **положительном** заключении, подписанном Острейковским Владиславом Алексеевичем, заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором, доктором технических наук, профессором кафедры Информатики и вычислительной техники БУ ВО «Сургутский государственный университет», указала, что «диссертационная работа Русева Владимира Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решения поставленных задач, обладающую научной новизной и практической ценностью, выполненную на актуальную тему. Содержание работы в общих чертах соответствует проведенному диссертационному исследованию. Ма-

териал изложен достаточно ясно и логично, работа хорошо структурирована и оформлена. По каждой главе сделаны вполне обоснованные выводы. Содержание диссертации Русева В.Н. соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)» в пунктах: 3) Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; 5) Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; 11) Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надёжности сложных систем. Диссертация Русева В.Н. соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней. Полученные соискателем теоретические и практические результаты и опубликованные работы позволяют сделать вывод о высокой квалификации автора, хорошем знании предмета своего исследования. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Таким образом, диссертационная работа Русева Владимира Николаевича «Модели и методы построения вероятностно-статистических оценок для мониторинга показателей надёжности в диспетчерском управлении транспортом газа» отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)». Отзыв одобрен на заседании кафедры Информатики и вычислительной техники Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа–Югры «Сургутский государственный университет» «1» ноября 2019 года, протокол № 2. Присутствовало 14 человек.

Замечания по тексту диссертации и автореферата:

1. В диссертации в выводах по первой обзорной главе (с. 45) не формулируется цель и задачи работы, хотя в тексте на стр. 7-8 введения это сделано.

2. На приводимых в тексте диссертации и автореферата рисунках (с. 50, 60, 62, 85 и др.) отсутствуют обозначения координатных осей.
3. В тексте диссертации используется понятие «проблема», хотя на самом деле это частные задачи (с. 5,7,8, ...). В тоже самое время целью работы является разработка вероятностно-статистического подхода (с. 7) и исследование числовых характеристик распределения Вейбулла-Гнеденко (с. 46), следовательно, в этом плане данный подход является частной задачей.
4. Список сокращений целесообразно дать не в конце работы, а в ее начале.
5. Затрудняет чтение текста обилие формул с выводами, иногда не являющимися пояснениями или развитием рассматриваемых идей.
6. При обилии математического аппарата в диссертации, являющегося украшением работы, желательно использовать двойную нумерацию с главами (пожелание автору на будущее).

Соискатель имеет 25 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе: 8 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, 14 публикаций в сборниках трудов российских и международных научных конференций. Из этих публикаций 17 входят в РИНЦ. Наиболее значительные работы:

1. Русев В.Н., Скориков А.В. Аппроксимации функции восстановления и стратегия управления эксплуатационными затратами // НТЖ «Проблемы управления» № 4. – 2018 – С. 28 –35.

2. Русев В.Н. Актуальность теоретического исследования распределения Вейбулла-Гнеденко для расчета оценок технологической надежности нефтегазового оборудования // НТЖ «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности». – 2013. – №11. – С. 46–49.

3. Русев В.Н. Применение распределения Вейбулла–Гнеденко для описания этапов жизненного цикла газоперекачивающих агрегатов при управлении техническим состоянием газотранспортных систем // НТЖ «Промышленный сервис». – 2013. – №1. – С. 17–23.

4. Григорьев Л.И., Калинин В.В., Русев В.Н., Седых И.А. Математическое обеспечение подсистемы оценки и мониторинга надежности АСДУ в транспорте газа // НТЖ «Автоматизация в промышленности». – 2010. – №12. – С. 11–15.

5. Rusev V., Skorikov A. On Solution of Renewal Equation in the Weibull-Gnedenko Model // Reliability: Theory & Applications, Volume 12, Number 4 (47), 2017, P. 60-68.

6. Grigoriev L., Kucheryavy V., Rusev V., Sedyh I. Formation of estimates of reliability indicators for active elements in gas transport systems on the basis of refusals statistics // Journal of Polish Safety and Reliability Association, Summer Safety and Reliability Seminars, Volume 5, Number 1-2, 2014, P. 41-47.

На автореферат поступило пять положительных отзыва, которые подписали:

1. **Викторова Валентина Сергеевна**, доктор технических наук, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова Российской академии наук, отмечает:

➤ использование автором программного комплекса Wolfram Mathematica при разработке моделей и методов статистического анализа потоков отказов является вполне уместным. Однако вызывает некоторые сомнения предложение по внедрению Wolfram Mathematica в диспетчерские пункты систем промышленного мониторинга надежности ввиду громоздкости этого решения и ограниченных возможностей по связям с базами данных;

➤ по-видимому, является неудачным выражение «... процесс потока отказов...» (стр. 6, 24). Слово «процесс» здесь излишнее.

2. **Пугачев Олег Всеволодович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры ФН-2 «Прикладная математика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана) отмечает:

➤ некоторые фразы словесно избыточны, что затрудняет чтение, например: «взаимосвязанные между собой»; «основное топливо газовой отрасли»

вместо «газ», «осуществлено теоретическое изучение» вместо «теоретически изучено»;

➤ поскольку кривая интенсивности отказов составлена из трёх таких кривых для разных распределений Гнеденко-Вейбулла, время безотказной работы не является случайной величиной из семейства Гнеденко-Вейбулла. Однако, не было предложено и изучено новое семейство распределений, для которых кривая интенсивности отказов имела бы подходящий вид сразу для всей полуоси времени.

3. **Питербург Владимир Ильич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории вероятностей, главный научный сотрудник и заведующий Лабораторией теории вероятностей механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Замечания:

➤ отсутствует расшифровка аббревиатур «САУ» и «КИПиА»;

➤ нет обоснования выбора рассматриваемой системы компьютерной математики Wolfram Mathematica из многочисленных пакетов программ, в частности MAPLE и другие.

4. **Мазепа Роман Богданович**, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой 402 «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) отмечает:

➤ в тексте автореферата отсутствуют расшифровки некоторых аббревиатур, например, «САУ» и «КИПиА»;

➤ не достаточно обоснован выбор системы компьютерной математики Wolfram Mathematica для моделирования потока отказов с учетом наличия множества других пакетов программ (например, MAPLE, MathCAD и др.);

➤ Рисунок 1 содержит большой объем информации, которая не очень удачно расположена на рисунке с точки зрения хорошей визуализации и доступности восприятия.

5. **Шоломов Дмитрий Львович**, кандидат технических наук, и.о. старшего научного сотрудника отдела №11 «Зрительные системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича (ИППИ РАН) отмечает:

➤ в тексте не определены значения акронимов, например АСУ, САУ, тем самым не совсем понятно, чем отличается ГПА и САУ ГПА, о которых указано в разделе «Актуальность темы исследования системы».

➤ работа имеет, прежде всего, научное значение, которое в изложении материала немного завуалировано излишним количеством “бюрократических штампов” – ссылок на ФЗ и ГОСТы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их **компетентностью** в области теории надёжности, разработки и исследований статистических моделей анализа безопасности, надёжности и ресурса сложных систем, автоматизированных систем массового обслуживания и теории восстановления, что подтверждается наличием публикаций по тематике диссертационной работы и **способностью** определить теоретическую и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **установлена** формула для нахождения прогнозного момента времени начала деградационных процессов при эксплуатировании активных элементов газотранспортных систем (ГТС) в модели Гнеденко-Вейбулла распределения отказов; **разработана** комплексная методика по статистической обработке эксплуатационных данных об отказах технологически активных элементов ГТС, приведших к аварийному останову, для реализации системного мониторинга показателей надёжности; **представлен** аналитический вид параметра потока отказов и функции восстановления в предположении, что время безотказной работы объектов системы в процессе деградации описывается с помощью двухпараметрического закона распределения Гнеденко-Вейбулла; **предложены** алгоритмически реализованные рекуррентные формулы для быстрых и высокоэффективных численных расчётов в случае приближенного решения уравнения

восстановления для потока Гнеденко-Вейбулла; **получены** аналитические разложения функции математического ожидания и дисперсии остаточной наработки до отказа для модели Гнеденко-Вейбулла распределения отказов. На примерах **продемонстрировано** качество и эффективность как **предложенной** комплексной **методики** по статистической обработке эксплуатационных данных по отказам, так и построенных **численных алгоритмов** различных аппроксимаций плотности и функции восстановления для потока Гнеденко-Вейбулла.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что достаточно **подробно изучены** различные числовые характеристики распределения Гнеденко-Вейбулла с позиций степенно-функциональных асимптотических разложений. Также **рассмотрена** нормальная аппроксимация и проблема моментов Чебышёва-Маркова-Стилтьеса для данного распределения. **Построено** асимптотическое разложение решения уравнения восстановления не только для модели Гнеденко-Вейбулла, но и для других распределений (при выполнении ряда условий).

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования заключается в возможности **применения разработанных** численно-аналитических методов и алгоритмов **для построения** системы промышленного мониторинга показателей надёжности активных элементов трубопроводного транспорта газа, **подготовлены** предложения по НИОКР по проблеме управления целостностью ГТС в части ГПА – «Информационно-аналитические системы мониторинга для оценки надёжности и качества функционирования ГТС».

Достоверность полученных результатов исследования подтверждается строгими математическими рассуждениями, основанными на методах математической теории надёжности и теории вероятностей, асимптотических методах анализа, методах операционного исчисления, методах численного анализа и компьютерного моделирования. Результаты работы **прошли апробацию** на различных профильных научных конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **выводе формул и доказательстве** всех математических утверждений;

➤ **разработке** алгоритмов различных численных **аппроксимаций** плотности восстановления и функции восстановления для модели рекуррентного потока Гнеденко-Вейбулла;

➤ **создании** оригинальной комплексной **методики** по статистической обработке эксплуатационных данных об отказах технологически активных элементов газотранспортных систем, приведших к аварийному останову, для **реализации** их системного мониторинга показателей надёжности.

На заседании 2 декабря 2019 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, и принял решение присудить Русеву В.Н. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 29 человек, из них 11 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 42 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 28, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель диссертационного

совета Д 002.073.04, академик РАН

Ю.С. Попков

Учёный секретарь диссертационного

совета Д 002.073.04, д.т.н., профессор



В.Н. Крутько

2 декабря 2019 года