

УТВЕРЖДАЮ

Ректор бюджетного учреждения высшего
образования Ханты-Мансийского
автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»
д.п.н., профессор



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Русева Владимира Николаевича на тему «Модели и методы построения вероятностно-статистических оценок для мониторинга показателей надёжности в диспетчерском управлении транспортом газа», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)»

Актуальность темы диссертационной работы

Единая система газоснабжения (ЕСГ), в частности ее ядро газотранспортная система (ГТС) представляет собой разнообразную по технологическим объектам и по решаемым задачам предметную область для проведения различных научных исследований, особенно по проблемам автоматизации и информатизации. Эффективность функционирования ГТС оценивается по совокупности показателей, включая критерий надёжности, играющий базовую роль в управлении целостностью системы. Управление газотранспортной системы осуществляется в рамках автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ): человеко-машинной системы управления технологическим процессом, которая интегрирует на автоматизированном рабочем месте диспетчера профессиональные знания диспетчера с информационно-управляющей системой; обеспечивает автоматический сбор, передачу и отображение информации; автоматизирует все требуемые расчётные процедуры и выполнение управляющих воздействий для достижения поставленной цели в соответствии с заданными критериями. Последние со временем претерпевают изменения. Происходит расширенное формирование критериев на основе многофакторного подхода: от экономических и экологических показателей,

в рамках развития проблем надёжности и качества, до вопросов безопасности. Критерий надёжности – ключевое системное свойство технологически активных элементов (в частности газоперекачивающих агрегатов (ГПА)) трубопроводного транспорта газа.

Разумеется, развитие магистральных газопроводов и ЕСГ России имеет поддержку и на государственном уровне: ключевыми позициями программы «Энергетическая стратегия России – 2030» являются обеспечение надёжности, промышленной и экологической безопасности, экономической эффективности транспортировки газа.

Повышение эксплуатационной надёжности технологически активных элементов ГТС включает в себя: наблюдение, проверку технического состояния, устранение технических неисправностей; рациональную организацию системы технического обслуживания и ремонта. Осуществляется на основе инструментария, базового стандарта системной инженерии ГОСТ Р ИСО/МЭК 57193 – 2016 (взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005), описывающий процессы жизненного цикла систем; и ГОСТ Р 53563-2009, ГОСТ Р 53564-2009 – Мониторинг состояния оборудования.

Диссертационная работа Русева В.Н. направлена на создание вероятностно-статистических моделей для оценки показателей надёжности технологически активных элементов ГТС, прогнозирования начала деградационных процессов и комплексной методики анализа эксплуатационной текущей информации в рамках функционирования АСДУ транспортом природного газа. Расчётное оценивание показателей надёжности осуществляется на основе компьютерных методов обработки ретроспективной и текущей эксплуатационной информации с целью управления целостностью и техническим состоянием системы транспорта газа. Ввиду этого диссертация представляется, несомненно, актуальной.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 153 наименований и 6 приложений. Работа изложена на 180 страницах, включая 40 страниц приложений, машинописного текста. Содержание диссертации и ее структура находятся в логическом единстве, соответствуют поставленной цели и задачам.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, оценена степень разработанности темы; сформулированы цель работы и задачи исследований; отмечены новизна и практическая значимость; приведены основные положения, выносимые на защиту; результаты реализации и апробации.

В первой главе приводится анализ структуры ГТС, являющейся основообразующим компонентом ЕСГ РФ, и дается общая характеристика АСДУ ЕСГ с техническим обзором объектов диссертационного исследования; проведён обзор и анализ имеющейся классической и

современной литературы по тематике диссертации; рассмотрены этапы развития теории надёжности как науки; представлен анализ мониторинговых систем надёжности АСДУ транспортом природного газа. Приводится обоснование целесообразности использования модели отказов Гнеденко-Вейбулла для получения оценок надёжности на основании стандартов, в условиях современной статистической обработки фрагментарных данных малого объёма.

Вторая глава посвящена изложению основных научных положений: осуществлено теоретическое изучение распределения Гнеденко-Вейбулла с помощью асимптотических и вероятностно-статистических методов, и теории рядов, а также компьютерного моделирования (в среде Wolfram Mathematica); изучена нормальная аппроксимация данного распределения; приведено простое доказательство существования и единственности решения системы уравнений правдоподобия для выборки из распределения Гнеденко-Вейбулла.

В третьей главе проведено исследование параметра потока отказов и функции восстановления в транспорте газа для рекуррентного потока отказов Гнеденко-Вейбулла при мгновенном восстановлении, которое сводилось к получению решения интегрального уравнения Вольтерра второго рода типа свёртки с разностным ядром (или классическое уравнение восстановления). Указанное решение было получено как аналитическими (с помощью методов теории рядов и производящей функции моментов), так и численными методами. Для обоснования аналитического метода была исследована проблема моментов Чебышёва-Маркова-Стилтьеса об однозначном восстановлении вероятностного распределения рядом своих моментов для распределения Гнеденко-Вейбулла. Разработанный аналитический подход при решении уравнения восстановления был обобщен на произвольные распределения при выполнении набора определенных условий. В случае приближённого решения уравнения восстановления относительно параметра потока отказов используется модификация метода Ритца дискретизации интегрального уравнения. Получены три типа рекуррентных формул: по методу правых узлов, по методу средних (одноточечный метод Гаусса), по методу линейных сплайнов. Предложена комплексная методика получения статистических оценок параметров распределения Гнеденко-Вейбулла и получение прогнозного критического значения времени наступления следующего отказа элементов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) с указанием вероятной зоны начала деградационных процессов в системе ГПА. Представлена система рекомендаций по интеграции разработанных моделей и методов в общую структуру управления целостностью (в АСДУ): блок «Мониторинг функционирования и технического состояния ГПА». Предложенная методика была продемонстрирована на базе реальных статистических данных по отказам технологического оборудования ГТС, представленных в ИАС «Оценка и мониторинг надёжности для АСДУ трубопроводным транспортом газа» (созданной ранее в 2010), которая содержит солидный материал по отказам (порядка 10 000 позиций) ГПА и САУ

ГПА на различных магистральных газопроводах, что позволило использовать её для проверки теоретических исследований диссертационной работы.

В заключении приведены основные научные и практические выводы, сделанные по результатам диссертационной работы.

В Приложении приводятся доказательства всех математических утверждений в работе, представлен акт о внедрении результатов диссертации в промышленности (ООО «Шлангенз» (г. Великий Новгород)).

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание самой диссертации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным применением методов математической теории надёжности и теории вероятностей; асимптотические методов анализа; методов операционного исчисления; методов теории интегральных уравнений Вольтерра второго рода с разностным ядром типа свёртки; методов численного анализа и компьютерного моделирования.

Научные положения, выводы и заключения автора по итогам диссертационной работы достаточно полно отражены в опубликованных научных работах. По результатам исследований автором опубликовано 25 печатных работ, из них 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК; 2 статьи опубликованы без соавторов; 14 публикаций в трудах профильных конференций. Две статьи вышли в зарубежных рецензируемых научно-технических журналах.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующем:

Для случая рекуррентного потока отказов при мгновенном восстановлении с законом распределения Гнеденко-Вейбулла времени работы между отказами:

- Получено аналитическое разложение в ряд вида Грама-Шарлье параметра потока отказов и функции восстановления в терминах вероятностных моментов при значениях параметра формы, характерных для заключительного этапа жизненного цикла эксплуатации объектов ГТС. В связи с чем рассмотрена проблема моментов Чебышёва-Маркова-Стилтьеса для распределения Гнеденко-Вейбулла.

- Предложен аналитический метод получения асимптотического решения уравнения восстановления для произвольного распределения при выполнении определенного набора условий.

- Найдено обобщённое степенное разложение (с указанием оценки погрешности для приближенных вычислений) и асимптотическое представление средней остаточной наработки до отказа, а также её дисперсии и коэффициента вариации.
- Получена формула, позволяющая прогнозировать момент наступления очередного будущего отказа, что означает вхождение в зону деградиационных процессов.
- Проведён асимптотический анализ математического ожидания, дисперсии и коэффициента вариации. Рассмотрена нормальная аппроксимация распределения Гнеденко-Вейбулла, позволяющая установить границы применимости рассматриваемого распределения на практике.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в достаточно подробном и многоаспектном изучении распределения Гнеденко-Вейбулла, в том числе нормальная аппроксимация и проблема моментов указанного распределения. Разработанный аналитический подход при решении уравнения восстановления для модели Гнеденко-Вейбулла был обобщен и на возможные другие распределения (при выполнении определенных условий).

Рассматриваемые модели процесса потока отказов, параметры которого изменяются во времени, и созданная оригинальная методика статистической обработки эксплуатационных данных доведены до уровня алгоритмов и программ в мощной по своей функциональности системе компьютерной математики Wolfram Mathematica, представляющей возможность визуализировать свойства моделей и дополнять содержательный анализ процессов с получением новой информации. Это относится к практической значимости работы Русева В.Н.

Весьма важно, что результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров. Также по материалам исследований было издано учебно-методическое пособие «Стохастическое моделирование (Специальные главы теории вероятностей)».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в работе Русева В.Н. модели и методы построения вероятностно-статистических оценок представляют собой аналитическую основу мониторинговой системы показателей надёжности технологически активных элементов газотранспортных систем, которая позволит осуществлять оперативное взаимодействие между уровнем автоматизированного диспетчерского управления технологическим процессом транспорта газа (предоставление информации о фактическом состоянии технологически активных элементов) и уровнем управления производственно-хозяйственной деятельностью, на котором по предоставленной информации планируются и выполняются ремонты и замена оборудования.

Целесообразно также на созданную оригинальную методику (включающую расчетные процедуры и алгоритмы) для мониторинга пространства показателей надежности различной природы в дальнейшем получить патент. Желательно создать полноценный программный комплекс.

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 являющиеся 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).

Соответствие диссертации заявленной специальности

Содержание работы Русева В.Н. соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)». Исследования в диссертации проводились в областях, указанных в следующих пунктах паспорта специальности 05.13.01: п.3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; п.5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; п.11. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надёжности сложных систем.

Заключение

Отмеченные замечания не являются критичными, не влияют на положительную оценку работы в целом. Диссертационная работа Русева Владимира Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащей решения поставленных задач, обладающую научной новизной и практической ценностью, выполненную на актуальную тему. Содержание работы в общих чертах соответствует проведенному диссертационному исследованию. Материал изложен достаточно ясно и логично, работа хорошо структурирована и оформлена. По каждой главе сделаны вполне обоснованные выводы.

Считаем, что диссертация отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней (№842 от 24.09.2013) ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам, а ее автор Русев Владимир Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-вычислительное обеспечение)».

Диссертационная работа Русева Владимира Николаевича на тему «Модели и методы построения вероятностно-статистических оценок для мониторинга показателей надёжности в диспетчерском управлении транспортом газа», автореферат и отзыв обсуждены 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.

Отзыв составлен:

Острейковский Владислав Алексеевич,

Заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры Информатики и вычислительной техники

БУ ВО «Сургутский государственный университет».

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)»


В.А. Острейковский
«01» ноября 2019 г.

Ведущая организация:

Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа–Югры «Сургутский государственный университет»

Почтовый адрес: 628412, РФ, Тюменская обл., ХМАО – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

Адрес электронной почты: secretar@surgu.ru, rector@surgu.ru; сайт: <http://www.surgu.ru>

Телефон: (3462) 76-29-00; (3462) 76-29-14