

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу и автореферат
Русева Владимира Николаевича «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)».**

На отзыв представлена диссертация общим объемом 180 страниц машинописного текста и автореферат объемом 26 страниц. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и шести приложений. В диссертации представлено 29 рисунков и 4 таблицы, библиография содержит 153 источника. Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность темы диссертации диктуется как практическими потребностями газотранспортной отрасли, так и необходимостью дальнейшего развития методов оценки надёжности газотранспортных сетей и узлов в условиях возрастающих требований к безопасности и надёжности эксплуатации указанных систем и их объектов. В условиях развития многокомпонентного оборудования для ГТС особую роль приобретают методы оценки надёжности именно многокомпонентных узлов, для которых возможна оценка характеристик надёжности каждого отдельного элемента системы, но испытания и тем более получение статистических данных о надёжности всего комплекса на протяжении его деятельности либо не представляется возможным, либо излишне затратно. Автор диссертационного исследования теоретически разработал методы получения оценок характеристик надёжности многокомпонентных систем.

Содержание диссертации и автореферата

Во **введении** диссертационной работы показана актуальность темы, сформулирована цель и поставлены основные задачи исследования, представлены результаты, составляющие научную новизну.

Автор приводит достаточно широкий обзор исследований по заявленной теме, опираясь и на фактические данные, и на ГОСТы. Кроме того, здесь дан широкий обзор теоретических исследований в области математической теории надёжности, которые могут применяться для решения поставленных задач.

Так же описана апробация представленных в работе результатов.

В первой главе приводится анализ структуры ГТС, основообразующего компонента ЕСГ РФ, представлен технический обзор объектов 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.

Эта глава снабжена богатым иллюстративным материалом, а также данными о надёжности различных составляющих ГТС.

Анализируется нынешнее состояние оценок и прогнозирования значительной части надёжных характеристик ГТС. Показано, что вопросы оценки характеристик надёжности в имеющихся условиях (в частности, в условиях не всегда полной или доступной информации о состоянии различных частей ГТС) могут решаться методами математической теории надёжности. Естественно, с учётом специфики деятельности ГТС.

Дан широкий обзор литературы по математической теории надёжности и её приложениям к техническим системам.

Сформулированы основные проблемы мониторинга показателей надёжности и постановка задачи представленного диссертационного исследования; указаны особенности поставленных задач в рамках приложения к надёжности ГТС в условиях фрагментарности статистических данных. Здесь же даётся обоснование использования распределения Вейбулла или Гнеденко-Вейбулла для оценок характеристик надёжности сложных систем. Также обоснован выбор программного пакета Wolfram Mathematica для моделирования поведения исследуемых математических моделей.

Во второй главе изложены основные научные положения диссертации в рамках всестороннего теоретического изучения распределения Вейбулла с помощью асимптотических и вероятностно-статистических методов, а также компьютерного моделирования в профессиональной среде Wolfram Mathematica. В этой главе наглядно показано, почему именно распределение Вейбулла выбрано в качестве основного инструмента исследования поведения больших систем, состоящих из *последовательно* соединённых подсистем.

Предложенный в работе анализ распределения Вейбулла приводит к упрощённым, но достаточно точным аппроксимирующим формулам для нахождения характеристик исследуемого распределения. Это важно для ускоренных расчётов в инженерном экспресс-анализе. Получены аналитическое представление и асимптотическое разложение для средней остаточной наработки до отказа в том случае, когда время безотказной работы элемента подчинено двухпараметрическому закону распределения Вейбулла. Изучена нормальная аппроксимация распределения Вейбулла.

Все эти результаты упрощают инженерные расчёты и дают несложные алгоритмы вычисления надёжных характеристик при анализе работы не только ГТС, но и других сложных технических систем.

В дополнение к аппроксимирующим формулам автор приводит расчёты теоретических и приближённых значений характеристик распределения Вейбулла с разными параметрами, сведённые в таблицу и графическое отображение погрешностей аппроксимаций.

Здесь же показано, что аппроксимация распределением Вейбулла соответствует классическим представлениям о поведении характеристик надёжности в период первоначальной работы (период отбраковки некачественных агрегатов), период нормальной эксплуатации и период старения (превышение срока нормальной работы).

В третьей главе проведено исследование параметра потока отказов и функции восстановления для модели Вейбулла рекуррентного потока отказов при мгновенном восстановлении аналитическими и численными методами. По сути, изучается возможность получения решения (хотя бы асимптотического) интегрального уравнения Вольтерра второго рода типа свёртки с разностным ядром, являющимся классическим уравнением восстановления, для случая распределения Вейбулла. Показано, как при определенных условиях можно получить обобщение решения уравнения Вольтерра. Предложен метод дискретизации Ритца-Галёркина для численного решения уравнения восстановления; получены соответствующие рекуррентные формулы. Результаты были протестированы на распределении Рэлея и получили своё подтверждение. Также предложена методика получения статистических оценок параметров распределения Вейбулла и получение прогнозного критического значения времени наступления следующего отказа элементов ГПА с указанием вероятной зоны начала деградационных процессов в системе ГПА. Представлены предложения по интеграции разработанных моделей и методов в общую структуру управления целостностью (в АСДУ): блок «Мониторинг функционирования и технического состояния ГПА».

В **Заключении** автор резюмирует полученные результаты.

Приложения содержат: Акт о внедрении, а также дополнения к математической составляющей диссертационной работы:

1. Доказательства утверждений из Главы 2;
2. Метод максимального правдоподобия для случаев полной и цензурированной выборок, распределенных по закону Гнеденко-Вейбулла;
3. Проблема моментов Чебышёва-Маркова-Стилтьеса для распределения Вейбулла;
4. Применение функции восстановления и её аппроксимаций к стратегии управления эксплуатационными затратами;
5. описание НИОКР «Информационно-аналитические системы мониторинга для оценки надёжности и качества функционирования технологических процессов и объектов нефтегазовой отрасли»

Степень обоснования научных положений и выводов

Все результаты имеют научное обоснование, все полученные автором математические результаты верны. Автореферат полно и точно отражает содержание диссертации.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные автором результаты являются важным шагом в развитии применения методов математической теории надёжности в технических приложениях. Все сформулированные автором математические результаты являются новыми, они подтверждаются логически завершёнными доказательствами.

Техническое обоснование применения в представленной ситуации распределения Вейбулла является в некотором смысле «классическим», но, по-видимому, применение математической теории надёжности в исследованиях характеристик надёжности на столь

высоком уровне является важным и новым результатом. Разработанные автором диссертационного исследования алгоритмы оценок характеристик надёжности в ГТС являются новым результатом.

Важным достоинством работы являются исторические обзоры и очень полный перечень используемой литературы.

Публикации и апробация работы

Результаты диссертационной работы докладывались на различных международных и всероссийских тематических, научно-технических конференциях. Было опубликовано 25 печатных работ, в том числе 8 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Две статьи опубликованы без соавторов. Две статьи вышли в зарубежных рецензируемых научно-технических журналах.

Замечания по диссертации и автореферату

Как и большинство диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, 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 распределённых 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:

или	$\omega(t) = f(t) + \omega * f$
	$\omega(t) = f(t) + \tilde{\omega}(s) \tilde{f}(s)$

Далее. 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.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Несмотря на указанные замечания диссертация Русева В.Н. на тему «Модели и методы построения вероятностно-статистических оценок для мониторинга показателей надёжности в диспетчерском управлении транспортом газа» в полной мере отвечает требованиям ВАК, указанным в Положении о присуждении ученых степеней, а ее автор, Русев Владимир Николаевич, заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (информационно-вычислительное обеспечение).

Зверкина Галина Александровна,
кандидат физико-математических
наук (01.01.05), и.о. зав. кафедрой
«Математическое моделирование
и системный анализ»
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
"Российский университет
транспорта"



Адрес: 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9
Телефон: +7 (495) 681-13-40 (факс)
E-mail: info@rut-miit.ru; tu@miit.ru

Подпись руки	<u>Зверкиной Г.А.</u>
Завещаю	_____
Начальник Отраслевого центра подготовки научно – педагогических кадров высшей квалификации	<u>С.Н. Коржин</u>

05.11.2019

