

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Русева Владимира Николаевича

**«МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ
ОЦЕНОК ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ В
ДИСПЕТЧЕРСКОМ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТОМ ГАЗА»,**

представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности

«05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационно-
вычислительное обеспечение)»

1. Актуальность исследования.

Проблема повышения эффективности управления нефтегазовым сектором экономики является актуальнейшей на сегодняшний день. В настоящее время развиваются производственные технологии в области нефтегазового сектора, расширяется круг производственных задач, совершенствуются бизнес-процессы, повышается уровень автоматизации. Для управления трубопроводными газотранспортными системами (ГТС) осуществляется повсеместный ввод в эксплуатацию автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ). При этом на первый план выходят задачи обеспечения надёжности, промышленной и экологической безопасности, экономической эффективности транспортировки газа. При решении данных задач к числу первоочередных относятся вопросы обеспечения надёжности функционирования трубопроводной части и надёжности работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА). Поддержание характеристик надёжности на высоком уровне осуществляется за счет организации системы технического обслуживания и ремонта, цель которых заключается в сокращении числа аварийных отказов и, соответственно, убытков из-за их возникновения. Научное управление надёжностью позволяет уменьшить издержки на каждый плановый ремонт, оптимизировать длительность простоев и затраты на замену оборудования. В связи с вышесказанным возникает необходимость построения моделей надёжности объектов управления, а для этого необходимо определение характеристик надёжности объектов на основании эксплуатационной информации. Диссертационная работа Русева В.Н. направлена на разработку методов и моделей построения статистических оценок характеристик надёжности оборудования газотранспортной системы и в этом плане является важной для практики и актуальной для теории в плане разработки методического подхода, позволяющего адекватно оценивать характеристики надёжности.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

Диссертация Русева В.Н. посвящена разработке вероятностно-статистических моделей для оценки показателей надёжности ГПА, прогнозированию начала деградиционных процессов и комплексной методике анализа эксплуатационной информации в рамках функционирования АСДУ транспортом природного газа. В работе получены оценки параметров надёжности для наработки, описываемой распределением Вейбулла-Гнеденко при ограниченном объёме поступающей на обработку информации при наличии цензурированных слева данных и обоснованию возможности применения результатов исследования в практических ситуациях.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 153 наименований, содержит 4 таблицы, 31 рисунок и 6 приложений. Работа изложена на 180 листах машинописного текста, из них 40 листов приложения.

В первой главе работы («Актуальность организации мониторинга показателей надёжности технологически активных элементов в диспетчерском управлении транспортом газа») автор приводит анализ структуры ГТС как объекта исследования надёжности, отмечается особая роль автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ), которые обеспечивает диспетчера информацией, необходимой для выработки управляющего воздействия. Выполнено описание и классификация газоперекачивающих агрегатов, описаны характеристики их систем управления. Отмечено, что данные агрегаты являются технологически активными элементами ГТС и играют важную роль в надёжном и эффективном функционировании ГТС. Сформирован комплекс показателей надёжности, подлежащих расчёту, при анализе информации о функционировании технологического оборудования ГТС. Описана иерархия системы управления ГТС, приведены основные задачи диспетчерского управления.

Выполнен анализ состояния работ по оценке надёжности и их применения в газовой отрасли. Проведен обзор литературы по теме исследования, описаны исторические этапы развития теории надёжности.

В заключение первой главы дано описание системы мониторинга показателей надёжности, отмечены особенности статистической обработки фрагментарных данных малого объема. Выполнено обоснование использования модели Гнеденко-Вейбулла для описания распределения наработки до отказа невосстанавливаемых объектов и наработки между отказами восстанавливаемого оборудования.

В Главе 2 (Разработка расчётных процедур для получения оценок показателей надёжности невосстанавливаемых элементов в модели Гнеденко-Вейбулла распределения отказов) описана история возникновения распределения Гнеденко-Вейбулла, приведено строгое математическое обоснование вывода данного распределения на примере модели слабого звена.

Известно, что для распределения Гнеденко-Вейбулла не удастся получить выражения, для описания моментов распределения и, соответственно, показателей надёжности в явном виде, решение возможно только численными методами. В этой связи в работе осуществлены асимптотические разложения для математического ожидания, дисперсии, коэффициентов вариации, асимметрии и эксцесса, получены предельные решения для указанных показателей. Исследованы вопросы точности представленных аппроксимаций.

Получена прогностическая оценка длительности периода до момента наступления очередного отказа элементов системы ГПА. Исследованы вопросы асимптотического поведения функции средней остаточной наработки, дисперсии и коэффициента вариации остаточной наработки.

Выполнено описание метода максимального правдоподобия для решения задачи оценки параметров распределения на основании эксплуатационной информации. В качестве рабочей модели наблюдения принята модель с учетом полных наработок и однократно цензурированных слева данных. Для предложенной модели получены формулы оценки параметров распределения, доказано существование и единственность решения уравнений правдоподобия для полной выборки.

Третья глава (Аналитический и численный подходы к нахождению оценок показателей надёжности восстанавливаемых объектов в модели рекуррентного потока отказов Гнеденко-Вейбулла) содержит результаты исследования поведения параметра потока отказов $\omega(t)$ и ведущей функции потока отказов $\Omega(t)$. В работе аналитическим путём с помощью методов производящей функции моментов и теории рядов получено асимптотическое решение интегрального уравнения Вольтерра второго рода в виде ряда типа Грама-Шарлье.

Основными преимуществами аналитического разложения решения уравнения являются простота вычислений его коэффициентов. Показано, что приемлемую точность решения дают уже 7 (семь) членов разложения.

В работе также рассмотрено применение метода дискретизации Рунге-Галеркина в решении интегрального уравнения восстановления Вольтерра 2-го рода. Метод Рунге позволяет получить простую систему линейных уравнений, решение которой выписывается в явном виде с помощью рекуррентных формул.

В процессе обобщения полученных результатов в работе предложена система инженерных рекомендаций по статистической обработке данных об отказах ГПА и САУ ГПА с целью мониторинга их показателей надёжности на примере анализа реальных эксплуатационных выборок.

Подводя итог анализу содержания работы, следует отметить, что **научные положения, выводы и рекомендации**, сформулированные в диссертации, обоснованы аналитическими решениями, применяемыми в ходе получения отдельных результатов, определенным количеством расчетных материалов по обоснованию точности оценок, полученных на основании известных из литературы, а также предложенных автором методов. Результаты представлены в работе в виде графиков и таблиц.

3. Соответствие диссертации критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней (раздел II положения о защите диссертаций)

3.1. Теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное достижение в развитии соответствующего научного направления

Полученные В.Н. Русевым результаты являются вкладом в решение важной практической и серьезной теоретической задачи оценки показателей надежности объектов ГПА и САУ ГПА. Данные результаты, позволяют квалифицировать их как новые методики, используемые для проведения анализа эксплуатационной информации в информационно-аналитической системе «Оценка и мониторинг надёжности для АСДУ трубопроводным транспортом газа»

3.2. Личный вклад автора диссертации в науку

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, а именно: выполнено развитие методического подхода в решении задачи вычисления статистических оценок параметров распределения Гнеденко-Вейбулла и получения прогнозного критического значения времени наступления следующего отказа элементов ГПА с указанием вероятной зоны начала деградиационных процессов в системе ГПА.

3.3. Сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов

Научные разработки В.Н. Русева доведены до инженерных методик с соответствующей программной реализацией.

Методические результаты работы апробированы при решении задачи расчета и прогнозирования работоспособности отдельного оборудования ГПА, а также прогнозирования остаточного ресурса объектов.

Имеется акт о внедрении результатов работы.

3.4. Сведения об опубликовании научных результатах

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 25 печатных работах, в том числе в 8 статьях в рецензируемых научных журналах, которые входят в перечень изданий, рекомендуемых ВАК РФ, методическом пособии, прочих изданиях и тезисах докладов на конференциях.

3.5. Ссылки на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов

Список цитируемых в диссертации работ содержит 153 наименования. В этом списке содержится 11 работ с личным авторством и в соавторстве с коллегами (Григорьев Л.И., Голденко С.С., Калинин В. В., Седых И. А. и др.). На используемые материалы других авторов имеются ссылки, что говорит о соблюдении научной этики.

3.6. Степень ее завершенности в целом и качество оформления

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне. Представленные материалы удовлетворяют всем требованиям к оформлению кандидатских диссертаций.

3.7. Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

4. Замечания и рекомендации

По содержанию диссертации имеются следующие замечания и рекомендации:

1. При описании особенностей статистической обработки фрагментарных данных малого объема 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 объема рекомендуется применять именно непараметрические методы. Во-вторых, в настоящее время имеется множество публикаций об использовании байесовских процедур учета 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.
2. Автор в работе в качестве объекта исследования использует двухпараметрическое распределение Вейбулла-Гнеденко. В плане теоретических исследований выбор автора не вызывает сомнений. Но, когда речь идет 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 подтвержден экспоненциальный закон распределения, в ряде, что-то более общее, чем распределение Вейбулла-Гнеденко, например, распределение со сдвигом. Когда же речь идет об объектах, содержащих в своей структуре механические элементы, то логично использовать распределения из класса усеченных нормальных распределений.
3. 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.

4. 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 учет наработок, цензурированных справа. При эксплуатации объектов на момент проведения анализа данных всегда есть совокупность объектов, которые к данному моменту продолжают функционировать, и учет их наработок повышает достоверность и точность оценок.
5. В тексте диссертации имеют место описки, 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.

5. Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне, в ней представлен большой объем высококвалифицированных исследований, полученные результаты имеют научное и прикладное значение. Результаты достаточно полно отражены в публикациях. В работе проведена разработка методических вопросов оценки характеристик надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов, наработки которых подчиняются распределению Вейбулла-Гнеденко.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По работе в целом сделаны четкие выводы.

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Владимир Николаевич Русев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: «05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации»

Официальный оппонент, главный эксперт Международного центра подготовки персонала ядерной инфраструктуры доктор технических наук, профессор

« 8 » 11 2019 г.

 А.В. Антонов

Подпись профессора А.В. Антонова заверяю

Ректор АНО ДПО «Техническая академия Росатома»,
кандидат экономических наук, доцент

« 8 » 11 2019 г.



 Ю.Н. Селезнев