

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям
ФГБОУ ВО «Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники»,

К.Т.Н.

Лоцилов А.Г.

«14» апреля 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Четвертаковой Евгении Сергеевны

«РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ О
ДЕГРАДАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ» по специальности
05.13.17 – «Теоретические основы информатики» на соискание учёной
степени кандидата технических наук

1. Актуальность темы исследований

Диссертационная работа Четвертаковой Е.С. посвящена разработке математического аппарата для проверки статистических гипотез о виде дегра-
дационных гамма- и винеровской моделей.

Во многих практических приложениях для оценки функции надежности и получения прогноза безотказной работы используют данные об отказах тестируемых объектов. Однако в случае высоконадежных изделий даже с учетом проведения ускоренных испытаний данных только об отказах может оказаться недостаточно. В связи с этим возрастает интерес к дегра-
дационным

моделям надежности, построенным на основе данных об изменении фиксированного деградационного показателя.

В диссертационной работе Четвертаковой Е.С. сделан акцент на изучение деградационных гамма- и винеровской моделей, которые получили большую популярность в практических задачах благодаря свойству гамма- и нормального распределения воспроизводимости по параметру, что в свою очередь значительно облегчает процедуру получения оценки надежности. Также в диссертационной работе рассмотрены так называемые деградационные гамма- и винеровская модели со случайным параметром, которые могут значительно повысить точность прогноза времени безотказной работы.

Однако, несмотря на особое внимание к данным моделям, актуальной задачей остается разработка методов и алгоритмов для проверки гипотез о виде деградационных гамма- и винеровской моделей.

2. Анализ содержания диссертации и оценка ее завершенности в целом

Диссертация состоит из введения, 4 глав основного содержания, заключения, списка литературы и 3 приложений. Основное содержание представлено на 113 страницах, включая 31 таблицу, 25 рисунков и список литературы из 112 источников.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна и практическая значимость работы, приведено краткое содержание работы.

В первой главе вводятся понятия деградационных гамма- и винеровских моделей, приведен обзор существующих типов деградационных моделей, описана методика оценивания параметров моделей. Приведены результаты анализа статистических свойств оценок параметров моделей, которые продемонстрировали актуальность решения поставленных задач диссертационного исследования.

Во второй главе приведены исследования влияния величины дисперсии случайного параметра на точность оценивания параметров гамма- и винеровских деградационных моделей, предложены критерии проверки гипотезы о незначимости дисперсии случайного параметра рассмотренных моделей (критерий, основанный на оценке дисперсии случайного параметра, и критерий отношения правдоподобия), а также проведено исследование мощности предложенных критериев. Показано, что при различных объемах выборок, моментах времени измерения показателя деградации, величине дисперсии случайного параметра и малых объемах выборок оценки мощности критерия, основанного на оценке дисперсии случайного параметра, несколько выше соответствующих оценок мощности критерия отношения правдоподобия.

В третьей главе представлены результаты исследования распределений статистик непараметрических критериев согласия при проверке простых и сложных гипотез о виде деградационных гамма- и винеровской моделей. Предлагается алгоритм проверки сложных гипотез о виде деградационных гамма- и винеровской моделей с использованием непараметрических критериев согласия типа Колмогорова, Крамера-Мизеса-Смирнова и Андерсона-Дарлинга. Также в работе продемонстрированы результаты исследования мощности данных критериев относительно близких конкурирующих гипотез, соответствующих различным видам деградационных моделей.

Четвёртая глава посвящена описанию практических результатов, полученных с помощью реализованных программных модулей системы статистического анализа данных типа времени жизни «LiTiS». Продемонстрировано применение критериев проверки гипотезы о виде деградационной модели при решении задач анализа надежности арсенид-галлиевых лазеров, углеродистых резисторов и турбовентиляторных двигателей.

В целом диссертацию Четвертаковой Е.С. можно оценить, как полную, хорошо структурированную научно-исследовательскую работу достаточно высокого уровня.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов

Научные результаты, представленные в диссертационном исследовании, являются новыми, решена научная задача, имеющая значение для развития теории прикладной математической статистики. Среди полученных научных результатов следует особо отметить следующие:

- впервые предложены статистические критерии, позволяющие определить значимость дисперсии случайного параметра деградиационной гамма- и винеровской моделей;
- на основе результатов исследования распределений статистик и мощности критериев согласия типа Колмогорова, Крамера-Мизеса-Смирнова и Андерсона-Дарлинга разработан алгоритм проверки сложных гипотез о виде деградиационных гамма- и винеровской моделей.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается:

- корректным применением математического аппарата и методов статистического моделирования при построении деградиационных моделей, исследовании свойств оценок параметров, распределений статистик и мощности критериев;
- совпадением результатов статистического моделирования с известными теоретическими результатами.

В связи с этим обоснованность и достоверность результатов и выводов, полученных в диссертационной работе, не вызывает сомнений.

5. Научная и практическая значимость основных положений диссертационной работы

Научная ценность диссертации заключается в следующем:

- предложены критерии, позволяющие определить значимость дисперсии случайного параметра деградационных гамма- и винеровской моделей;
- предложены алгоритмы проверки гипотез о виде деградационных моделей.

Практическая ценность диссертации состоит в разработке программного обеспечения (ПО), реализующего построение деградационных гамма- и винеровской моделей надежности, и использованию ПО для решения практических задач.

Результаты диссертационного исследования могут использоваться при решении задач анализа надежности в биомедицине, социологии, экономике, пищевой промышленности и других областях.

Исследования и разработка программного обеспечения проводились при поддержке Министерства образования и науки РФ. Для реализованного программного комплекса получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть рекомендованы специалистам в области прикладной статистики, аналитикам данных, специалистам по анализу надежности. Внедрение разработанного программного комплекса будет полезным организациям, где есть потребность в анализе данных об отказах: промышленные предприятия, исследовательские лаборатории и т.д.

Результаты диссертационного исследования и разработанное программное обеспечение использовались в практике деятельности ООО «Эко-Томск»

при решении задачи анализа надежности турбовентиляторных двигателей, что подтверждено соответствующим актом внедрения.

7. Апробация результатов работы и публикации

Автореферат и опубликованные автором работы отражают основное содержание диссертации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 24 печатных работах, из которых 3 статьи опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 статей опубликованы в рецензируемых международных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 14 публикаций сделано в материалах международных и российских конференций, получено свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

8. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует области исследования п.5 «Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечениях, разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текстов, устной речи и изображений» паспорта специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» (в области технических наук).

Автореферат соответствует диссертации.

9. Замечания по диссертационной работе

По содержанию и оформлению диссертации сделаем следующие замечания:

1. Отсутствуют формулировки **объекта** и **предмета** исследования, **цель** исследования сформулирована некорректно, в слишком общем виде.
2. Некорректность имеется в формулировках научной новизны и защищаемых положений: в формулировке первой научной новизны сказано

«...что в случае близкой к нулю дисперсии случайного параметра применение модели со случайным параметром приводит к снижению точности оценок регрессионных параметров и параметров тренда», здесь следовало бы привести конкретную цифру дисперсии и отметить конкретное снижение точности (например в %), подобное замечание можно сделать и по формулировке первого защищаемого положения – какие «...зависимости...» защищаются?; не согласуются формулировки второй научной новизны («...значимость дисперсии...») и второго защищаемого положения («...незначимость дисперсии...»)?

3. Диссертация посвящена задачам надежности, однако автор не делает ссылку на государственный стандарт «**Прогнозирование надежности** <https://meganorm.ru/Data2/1/4293849/4293849937.htm>». Использование этого стандарта было бы полезно автору диссертации.
4. На с. 37 автором выполнен переход от гамма-модели и винеровской модели к равномерному распределению случайных величин. Однако описание на с. 37 не раскрывает суть этого перехода.
5. На с. 51-54 в таблицах 2.7-2.10 приведены оценки мощности критериев. Однако расчет этих оценок не представлен. Аналогичное замечание возникает и по расчетам оценок мощности критериев в следующей главе 3.
6. В главе 4 исследовано изменение деградационных показателей для тестируемых объектов (см. например рис.4.8 на с.82), однако в тексте нет анализа изменения деградационных показателей, не указаны области ухудшение свойств тестируемого объекта и т.п.

Сделанные замечания не являются существенными и не снижают качества выполненной диссертационной работы.

10. Заключение

В целом диссертационная работа Четвертаковой Е.С. «Разработка математического и алгоритмического обеспечения проверки статистических гипотез о деградационных моделях надежности» является законченной научно-исследовательской работой. Выводы и рекомендации, приведенные в работе, имеют практическую ценность и обладают научной новизной.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, выполненным по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики. Автор диссертации Четвертакова Евгения Сергеевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на семинаре кафедры автоматизированных систем управления (протокол № 4 от 14.04.2022 г.)

Профессор кафедры автоматизированных систем управления (АСУ),
заслуженный деятель науки РФ,
заслуженный профессор ТУСУР,
д.т.н., профессор

А.М. Кориков

Профессор кафедры АСУ,
д.т.н., профессор

М.Ю. Катаев

Профессор кафедры АСУ,
Заслуженный работник ВШ РФ,
д.т.н., профессор

А.А. Мицель

Подписи Корикова А.М.,
Ученый секретарь Учено

заверяю

– Е.В. Прокопчук

адрес ТУСУР: 634050, Тс
телефон (3822) 51-05-30,
эл. почта office@tusur.ru,
сайт ТУСУР <https://tusur.ru/>

*Отзыв принят
в совет 29.04.2022*



*В отзыве отмечено
д.т.н. 29.04.2022*