

ОТЗЫВ

официального оппонента

Егорова Сергея Яковлевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» по диссертации

Бу Динь Хиеу

на тему: «Модели и алгоритмы экспресс-диагностики технического состояния сложных объектов на основе нового интегрального показателя», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1– Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа посвящена актуальной теме, связанной с проблемой обеспечения надежности функционирования сложных технических объектов, обладающих, прежде всего, структурной и функциональной сложностью. Оперативная диагностика сложных объектов базируется на поиске компромисса между подходами, основанными, с одной стороны на детальном исследовании процессов деградации составляющих элементов и обобщении этих результатов для получения общей картины о состоянии технического объекта; с другой - на поиске обобщенных характеристик, позволяющих получить общую оперативную картину о состоянии технического объекта, без детализации до уровня конструктивных элементов. В конечном итоге, практическим результатом решения такой научно-технической задачи является компромисс между допустимым риском и объемом необходимых ресурсов для поддержания технического объекта в рабочем состоянии.

Несмотря на многочисленные работы в данной области тема диссертационного исследования остается актуальной и своевременной и направлена на совершенствование существующих методов оперативной диагностики технического объекта в процессе его эксплуатации и уменьшение субъективного фактора при оценке его состояния.

Оценка содержания исследования

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы и заключение. Работа изложена на 150 страницах машинописного текста, из

них 116 стр. основного текста.

Введение содержит описание актуальности диссертации, степень разработанности поставленной проблемы, объект, предмет, цель, задачи, приведены 4 положения научной новизны, соответствующие паспорту специальности, сформулирована теоретическая и практическая значимость исследования, приведена методология и методы исследования, показана степень достоверности и апробация результатов диссертационной работы.

В главе 1 (стр. 12-35 диссертации) представлен аналитический обзор. В ней систематизированы и проанализированы современные подходы к диагностике состояния сложных технических объектов. Выявлены ключевые проблемы, связанные с распространенностью использования субъективных оценок в методах диагностики, в качестве таковых соискателем указана методика Минэнерго РФ и интегральный показатель "индекс технического состояния", предложенная в ней.

В главе 2 (стр. 36-68 диссертации) соискателем предложен новый подход к расчету интегрального показателя "индекс технического состояния", который в работе соискателя назван как "модифицированный индекс технического состояния" (ИТСм).

Новизна подхода заключается в том, что он позволяет автоматизировать процессы определения весов узлов и параметров составляющих ИТСм на основе структурной модели объекта и статистических данных о контролируемых параметрах его работы, что полностью исключает влияние человеческого фактора на вычисление интегрального показателя ИТСм.

Предложенный подход реализован в виде методики расчета ИТСм подробно описанной в п.п. 2.1-2.3.

Соискателем также разработан алгоритм работы рекомендательной системы для предложений по техническому обслуживанию на основе лингвистической шкалы мягких оценок состояния технического объекта п. 2.4.

Рассмотрен вопрос о прогнозировании интегрального показателя состояния и остаточного ресурса технического объекта в единицах интегрального показателя и в единицах времени. Для этого соискателем применяется полиномиальная регрессия второго порядка, построенная в разностях для интегрального показателя п. 2.5.

Рассмотрена формальная постановка задачи планирования работ по

техническому обслуживанию и ремонту и предложен алгоритм поддержки принятия решений по выбору рациональных вариантов ремонтно-восстановительных работ в условиях наличия ограничений на ресурсы для обеспечения максимума интегрального показателя п. 2.6.

Глава 3 (стр. 69-87 диссертации) посвящена вопросам программно-аппаратной реализации системы сбора и обработки данных для оценки состояния сложных технических объектов. Приведены концептуальные структурные схемы систем технического, информационного, алгоритмического обеспечения, а также интерфейсы пользователя.

В главе 4 (стр. 88-113 диссертации) содержатся результаты экспериментальных расчетов и обоснование эффективности предложенных методов и алгоритмов.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Научная новизна, достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новизна научных положений, значимость для науки и практики результатов научных исследований заключается в следующем:

- 1) Предложен **новый—подход** для экспресс-оценки состояния сложных технических объектов с использованием фактических контролируемых параметров **без применения экспертных оценок.**
- 2) Разработана **новая методика** расчета интегрального показателя "модифицированный индекс технического состояния" (ИТСм) сложного технического объекта, позволяющая в оперативном или циклическом режиме получить экспресс-оценку уровня его состояния на основе информации о структурных и рабочих параметрах технического объекта, поступающих в оперативном или циклическом режиме, без использования экспертных оценок высококвалифицированных специалистов.

Расчет ИТСм по предложенной методике основан на разработанных в работе методах: — методе определения параметров модели, а именно весов параметров, участвующих в процессе экспресс-оценки состояния СТО, на основе статистических характеристик рабочих параметров объекта (п.2.2); — методе определения весов основных функциональных узлов технического объекта, участвующих в процессе оценки его технического состояния, на основе конструктивных данных объекта (п.2.3).

- 3) Разработан метод обработки статистической информации

параметрах объекта для мягкой оценки качества его технического состояния на основе лингвистической шкалы, отличающийся от существующих методов обоснованным выбором доверительной вероятности и позволяющий оценивать остаточный ресурс оборудования (п.2.4).

4) Предложен метод определения ремонтпригодности сложного технического объекта, отличающийся тем, что рассчитывается пороговое значение интегрального показателя ИТСм, что позволяет получить экспресс-оценку остаточного ресурса по заданной доверительной вероятности (п.2.5).

5) Разработана концепция информационной системы непрерывного мониторинга состояния технического объекта, позволяющей контролировать состояние технического объекта в режиме реального или периодического времени, исключая влияние субъективного фактора на результаты оценки показателей технического состояния. (п. 3.1-3.2).

Положения, сформулированные в работе, их обоснованность и достоверность доказываются экспериментальными расчетами, сравнительными оценками с существующими методами, корректным использованием методов статистики, анализа иерархий, дискретной математики.

Теоретическая ценность и практическая значимость результатов

Результаты диссертационного исследования являются вкладом в развитие теории информационных систем мониторинга и оперативной диагностики сложных технических систем на основе предложенной методики расчета интегрального показателя ИТСм.

Считаю, что практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в возможности автоматизации процессов сбора и обработки информации, что позволяет повысить скорость формирования оперативных диагностических оценок технической системы и существенно сократить время для принятия решений по планированию работ по техническому обслуживанию.

Соискателем создано программное обеспечение, реализующее предложенные методы, получены акты об использовании результатов диссертационной работы в учебном процессе, на предприятии по ремонту и обслуживанию авиационных двигателей, а также на предприятии по разработке и внедрению АСУ.

Соответствие работы паспорту научной специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам области исследования паспорта специальности 2.3.1 - «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»:

п. 4 - «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации».

– Разработан метод определения параметров модели, а именно весов параметров, участвующих в процессе экспресс-оценки состояния СТО, на основе статистических характеристик рабочих параметров объекта (п.2.2).

– Разработан метод определения весов основных функциональных узлов технического объекта, участвующих в процессе оценки его технического состояния, на основе конструктивных данных объекта (п.2.3).

– Разработан метод обработки статистической информации о параметрах объекта для мягкой оценки качества его технического состояния на основе лингвистической шкалы, отличающийся от существующих методов обоснованным выбором доверительной вероятности и позволяющий оценивать остаточный ресурс оборудования (п.2.4).

п. 9 - «Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов». Разработана концепция информационной системы непрерывного мониторинга состояния технического объекта, позволяющей контролировать состояние технического объекта в режиме реального или периодического времени, исключая влияние субъективного фактора на результаты оценки технических показателей состояния. (п. 3.1-3.2). Разработана модель базы данных информационной системы для хранения оперативных и статистических данных о функционировании СТО, узлов и рабочих параметрах (п. 3.3).

п. 11 - «Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности функционирования сложных систем управления и их элементов». Разработан метод определения параметров модели, а именно весов

параметров, участвующих в процессе экспресс-оценки состояния СТО, на основе статистических характеристик рабочих параметров объекта (п. 2.3). Также предложен метод определения весов основных функциональных узлов технического объекта, участвующих в процессе оценки его технического состояния, на основе конструктивных данных объекта (п. 2.4).

Апробация работы и публикации по теме исследования

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на ряде всероссийских и международной конференций, что отражено в списке публикаций. По теме диссертации автором опубликовано 9 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК, одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по диссертации

1. Есть противоречия в названии работы и ее цели. Непонятно: мы создаем систему экспресс оценки или она уже существует и мы ее совершенствуем? Судя по названию - совершенствуем. Тогда почему в цели написано - "создание системы экспресс-диагностики..."? Логично было бы написать: Цель работы - "Повышение эффективности функционирования системы экспресс-диагностики сложных технических объектов на основе моделей и методов оценки их состояния". При чтении работы это создает трудности в понимании.

2. Пункт 1 научной новизны сформулирован как: "Новый интегральный показатель "модифицированный индекс технического состояния" (ИТСм)". Считаю, что правильно было бы сформулировать его как: "разработана новая методика (метод) расчета ИТС.....", т.к. сам термин ИТС уже существует. Разница ИТСм и ИТС, по-моему мнению, заключается лишь в методике расчета, что сам автор подтверждает на стр. 101 диссертации в виде заголовка: "Расчет ИТСм по предложенному методу и ИТС по методу Минэнерго для одного и того же объекта".

3. В пункте 3 научной новизны в качестве результатов, выносимых на защиту, указана "концептуальная модель". Концептуальная модель по определению — "это абстрактное описание предметной области, представляющее её основные понятия, их свойства и взаимосвязи. Она не привязана к конкретным технологиям, а фокусируется на смысловой структуре и предназначена для понимания, анализа и проектирования сложных систем". Она, несомненно, полезна для понимания предметной области, но вряд ли может представлять научную новизну. И в паспорте специальности 2.3.1 нет такого термина.

4. На странице 91 диссертации приведена формула 4.1

$$\beta = \frac{1}{N*(N-1)} * \sum_{v_i \neq v_j \in V} \beta_{ij}, \quad (4.1)$$

где: β_{ij} - показатель эффективности взаимодействия между вершиной v_i и вершиной v_j , $\beta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$;

d_{ij} - кратчайший путь между v_i и v_j ;

Из этой формулы непонятен физический смысл параметра и его размерность. В чем измеряется расстояние?

5. Пункт диссертации 4.3.2 "Отличия двух подходов к оценке технического состояния объекта" не совсем корректен. Производится сравнение двух методик - Минэнерго и собственной на примере открытых данных по ТРДД, а не на примере оборудования предприятий Минэнерго, что позволяет сравнить результаты, полученные с помощью экспертов и по предлагаемой методике лишь с большими допущениями. И в этом аспекте было бы целесообразно апробировать предложенный подход на предприятиях Минэнерго. Однако, такого расчета и акта внедрения из организаций Минэнерго мы не видим.

6. Замечания по заключению:

а) В заключении написано: "В диссертационной работе решена задача создания метода экспресс-оценки состояния сложных технических объектов...", а в цели работы было написано - "создание системы экспресс-диагностики сложных технических объектов на основе оперативной интегральной оценки их состояния".

б) В заключении диссертационной работы следовало привести больше количественных показателей, подтверждающих преимущества предложенного подхода и достижение целевых показателей. В исследовании такие цифры были и их просто надо было вынести в заключение.

в) Также заключение не содержит важного пункта, определенного в п.13 документа "Порядок присуждения ученых степеней в ПНИПУ", а именно - перспективы дальнейшей разработки темы. Они не указаны.

Подводя итог могу сказать, что практически все мои замечания относятся к описательной (представительской) части АР и диссертации, что вызывает некоторую досаду при чтении работы и понимании ее смысла, однако не влияет на содержательную часть исследования и общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Ву Динь Хиеу на тему «Модели и алгоритмы экспресс-диагностики технического состояния сложных объектов на основе

нового интегрального показателя» является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как решение актуальной научно-технической задачи создания метода автоматизированной экспресс-оценки состояния сложных технических объектов, имеющей важное научное и практическое значение для промышленности РФ.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, изложенным в Постановлении Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в редакции от 25.02.2024 г.), «О порядке присуждения ученых степеней» (пункты 9-11, 13,14), требованиям Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ и соответствует паспорту научной специальности 2.3.1–Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а соискатель Ву Динь Хиеу заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Компьютерно-интегрированные
системы в машиностроении»
ФГБОУ ВО «Тамбовский
государственный технический
университет»,

Сергей Яковлевич Егоров

21.10.2025

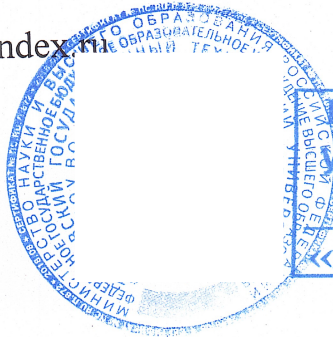
Научная специальность 05.25.05 - Информационные системы и процессы (технические науки)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тамбовский государственный технический университет" (ФГБОУ ВО "ТГТУ")

Адрес: 392000 Тамбов, ул. Советская, 106/5, помещение 2.

Тел. (4752) 63-07-06,

E-mail: egorovsy@yandex.ru



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ

Г.В. Мозгова
21 октября 2025 г.