

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, главного научного сотрудника ФНПЦ АО «НПО «Марс» Иванова А.К. на диссертацию Алексеевой Анастасии Валерьевны «Методы и алгоритмы повышения эффективности контроля многомерного рассеяния показателей функционирования сложных технических систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные технологии и промышленность)»

Структура и краткое содержание диссертации

Работа выполнена на кафедре прикладной математики и информатики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 110 наименований, Объем диссертации составляет 149 страниц, включая 70 рисунков, 2 таблицы и приложение, в котором представлены копии документов о внедрении результатов проведенных исследований и свидетельств о государственной регистрации разработанных программ.

Введение содержит обоснование актуальности темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об использовании, реализации и апробации результатов работы.

В первой главе проведен краткий обзор исследований в области многомерного статистического контроля показателей функционирования сложных технических систем. Рассмотрены стандартные карты Шухарта, методы на основе алгоритма Хотеллинга, алгоритм обобщенной дисперсии. Определены направления исследований.

Во второй главе изложены разработанные методы и алгоритмы контроля многомерного рассеяния показателей функционирования сложных технических систем. Сокращение времени обнаружения нарушений, а также снижение стоимости предлагается обеспечивать оптимизацией параметров контроля. Проведена оценка чувствительности алгоритма обобщенной дисперсии и предложены методы ее повышения.

В третьей главе описан разработанный комплекс программ для повышения эффективности многомерного контроля рассеяния на основе контрольной карты обобщенной дисперсии путем оптимизации параметров карты, которые задаются на этапе планирования контроля.

В четвертой главе приведены результаты применения методики многомерного статистического контроля стабильности процессов на примере диагностики вибрационного состояния гидроагрегата и контроля прочностных параметров минераловатных теплоизоляционных плит. Также описана методика применения карты обобщенной дисперсии для контроля процесса водоочистки.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по выполненной квалификационной работе.

В приложении представлены копии документов о внедрении результатов проведенных исследований и свидетельств о государственной регистрации разработанных программ.

Актуальность темы диссертации

Исследования проблемы эффективного контроля и диагностики сложных технических систем являются чрезвычайно актуальными на современном уровне развития техники, поскольку значительный рост сложности вновь создаваемого оборудования и эксплуатация его в условиях напряженного режима функционирования выдвигают качественно новые требования к методам контроля и диагностики, которые должны быть синтезированы на основе результатов постижения глубинной алгоритмической, структурной организации технических систем; проникновения в природу сложных процессов износа, старения; объяснения формы, изменчивости состояний; выявления спектра качественно различных типов поведения.

Автоматизация процедур технического диагностирования является важнейшим средством ускорения, повышения качества технического обслуживания и эксплуатации технических систем. Основополагающими в данной области можно считать фундаментальные теоретические и прикладные работы по исследованию и разработке моделей, методов и алгоритмов технического диагностирования отечественных и зарубежных ученых. Разнообразие известных принципов функционирования и классов (непрерывных, дискретных, непрерывно-дискретных) систем определяет широту проблематики технической диагностики, в которой исключительным приоритетом в настоящее время обладают вопросы разработки эффективных и надежных методов контроля технического состояния в процессе эксплуатации систем без разборочно-сборочных работ, сокращающих срок службы машин и механизмов. Основное назначение подобных средств непрерывного и периодического контроля состоит в сокращении времени на поиск неисправных (или потенциально неисправных) блоков и в своевременном прогнозировании ухудшения качества функционирования систем и предотвращении аварийных ситуаций.

Поскольку сложные технические системы функционируют в стационарных и нестационарных режимах при множественном воздействии неконтролируемых и трудноучитываемых факторов, то наиболее информативным их эмпирическим описанием представляются статистические данные о выбросах контролируемых параметров за допусковые зоны, предшествующие деградационным изменениям, нарушающим нормальное функционирование. Мониторинг стабильности показателей функционирования может быть осуществлен с применением методов статистического контроля процессов. Основным из этих методов является применение контрольных карт Шухарта, регламентированных стандартами. Однако сложные технические системы характеризуются наличием множества коррелированных показателей функционирования, для которых использование стандартных подходов приводит к существенным погрешностям. Контроль среднего уровня многопараметрического процесса проводится на основе алгоритма Хотеллинга, который к настоящему времени сравнительно хорошо изучен. Для мониторинга многомерного рассеяния используется алгоритм обобщенной дисперсии: предполагается, что рассеяние множества показателей можно охарактеризовать с помощью обобщенной дисперсии – определителя ковариационной матрицы. Однако вопросы, связанные с эффективностью такого подхода изучены недостаточно как в общем виде, так и в случае применения для конкретных систем.

Таким образом, на основании вышеизложенного, тема диссертационной работы, посвященная созданию методов и алгоритмов повышения эффективности контроля стабильности рассеяния показателей функционирования сложных технических систем, в частности гидроагрегатов, систем водоочистки, технологии производства теплоизоляционных плит, является актуальной в научном и прикладном плане.

Научно-технический уровень работы

В работе изложены научно обоснованные технические и технологические решения по обеспечению стабильности функционирования сложных технических систем на основе более эффективных методов и алгоритмов контроля показателей работы этих систем по сравнению со стандартной картой обобщенной дисперсии.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- разработаны методы и алгоритмы оптимизации параметров многомерного статистического рассеяния показателей функционирования сложных технических систем на основе алгоритма обобщенной дисперсии по двум критериям: минимизации времени до обнаружения нарушения и минимизации стоимости контроля;

- разработаны методы повышения эффективности контроля на основе алгоритма обобщенной дисперсии;

- разработаны программы для реализации испытаний по оценке эффективности многомерного статистического контроля рассеяния и проведения таких испытаний;

- разработаны алгоритм и программа для многомерного статистического контроля показателей функционирования сложных технических систем с применением разработанных методов;

- получена оценка эффективности разработанных методов и программных средств и проведено численное исследование на реальных технических объектах.

При решении поставленных задач получен ряд новых научных результатов:

- методы поиска оптимальных значений объема выборки, частоты взятия выборок и положения контрольных границ для алгоритма обобщенной дисперсии при мониторинге рассеяния многопараметрического процесса, отличающиеся от существующих методов выбора этих параметров возможностью минимизации времени до обнаружения нарушения и стоимости контроля;

- предложенные новые методы повышения эффективности контроля многомерного рассеяния, отличающиеся от стандартного алгоритма использованием дополнительных критериев для обнаружения признаков нарушения процесса: эффективность этих методов подтверждена проведением статистических испытаний и обработкой информации по показателям функционирования для реальных технических объектов;

- полученные с использованием предложенных методов и алгоритмов новые результаты численного исследования стабильности функционирования реальных технических объектов, отличающиеся применением поиска структур

специального вида и предупреждающей границы на карте обобщенной дисперсии;

– алгоритмы и программы статистического контроля коррелированных показателей функционирования сложных технических систем, отличающиеся использованием разработанных методов с целью повышения эффективности контроля многомерного рассеяния.

Обоснованность и достоверность результатов обеспечивается корректным применением методов системного анализа, теории вероятности, математической статистики, численных методов, методов оптимизации, методов объектно-ориентированного программирования, а также подтверждается результатами проведенных испытаний.

Апробация и публикация результатов работы. Результаты исследования докладывались на научно-технических конференциях Ульяновского государственного технического университета в 2017–2022 гг., на Международном форуме «Метрологическое обеспечение инновационных технологий» (Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021 и 2022 гг.), на Международной конференции и молодежной школе «Информационные технологии и нанотехнологии» (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2021 и 2022 гг.), на Международной научно-технической конференции «IT-технологии: развитие и приложения» (Владикавказ, 2018 г.), на международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (Самарский научный центр РАН, 2018 г.), на научно-практической международной конференции молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук» (Тольятти, 2019 г.) и других.

По результатам диссертационного исследования опубликованы 22 научные работы (из них четыре статьи без соавторов), в том числе восемь статей в журналах по перечню ВАК и четыре статьи в изданиях, индексируемых Scopus. Получены два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (информационные технологии и промышленность)».

Практическая ценность, реализация и внедрение результатов работы

Практическая значимость работы заключается в том, что использование разработанного программного обеспечения на основе предложенных методов обеспечивает повышение стабильности функционирования и надежности работы технических объектов.

Результаты исследования внедрены в ООО «Евроизол» (г. Ульяновск) при разработке технологии производства минераловатных теплоизоляционных плит для контроля прочностных показателей.

Результаты диссертационной работы также используются в учебном процессе Ульяновского государственного технического университета в дисциплинах «Теория надежности», «Статистический контроль и управление процессами», «Статистические методы прогнозирования».

Оформление материалов диссертации и личный вклад соискателя

Диссертация написана достаточно квалифицированным техническим языком, снабжена необходимым правильно оформленным иллюстративным материалом (рисунками, таблицами, символьными обозначениями). В основном соблюдается цельность и последовательность изложения материала, единство терминологии и обозначений. Теоретические положения обоснованы корректно, при изложении материала отсутствуют логические ошибки. Грамотно использован математический аппарат.

Автореферат в основном отражает содержание диссертации.

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно. Соавторами совместных публикаций являются научный руководитель, доктор технических наук, профессор В.Н. Клячкин, который принимал участие в выборе направления исследований, в постановке задач, обсуждении теоретических и практических результатов, и сотрудники, принимавшие участие в научно-исследовательских программах.

Замечания по диссертации

1. При обосновании актуальности работы не отмечены преимущества и недостатки статистических методов по сравнению с другими методами контроля и диагностики. В обзоре (глава 1) не приведена классификация моделей вероятностной диагностики.

2. Имеется незначительное расхождение между формулировкой цели работы и выводами по диссертации. В качестве цели предполагается создание более эффективных методов контроля по сравнению с картой обобщенной дисперсии, в выводах говорится об эффективности методов по сравнению со стандартной картой обобщенной дисперсии.

3. Не указано, как связаны разработанные модели с исследуемыми объектами (гидроагрегат, система водоочистки, технология производства плит), являются ли разработанные модели (имитационные, аналитические) моделями данных объектов.

4. Не описан способ моделирования контролируемых показателей, обработка которых приводит к формированию определенных изменений обобщенной дисперсии (скачкообразное изменение, постепенное увеличение рассеяния, появление неслучайных структур).

5. На рисунках 2.4, 2.5 вместо скачкообразного увеличения рассеяния и постепенного увеличения тренда процесса представлены увеличения диапазонов изменения рассеяния.

6. Ковариационная матрица процесса не может быть равной заданной константе (стр. 30). Скорее всего, речь идет об определителе ковариационной матрицы.

7. Не обоснован выбор для исследования технических объектов. Не описаны системы диагностики и контроля, применяемые в настоящее время на этих объектах. Нет оценки преимущества использования статистических методов.

8. В акте о внедрении результатов диссертации в технологию производства плит указано:

