

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
Пермского национального исследовательского
политехнического университета,
доктор физико-математических наук, доцент



 Швейкин А.И.

июня 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Повышение надежности вычислительных систем на основе динамического распределения диагностических задач» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Автоматика и телемеханика».

В 2018 году соискатель Клейман Лев Александрович окончил специалитет Пермского государственного национального исследовательского университета по специальности 10.05.03 «Информационная безопасность автоматизированных систем» с присуждением квалификации специалист. В настоящее время завершает обучение в аспирантуре по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника и работает в должности младшего научного сотрудника НИЧ кафедры АТ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Фрейман Владимир Исаакович, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

По итогам обсуждения представленной работы принято следующее заключение.

Представленная Клейманом Львом Александровичем диссертация посвящена разработке моделей, методов и алгоритмов улучшения эксплуатационных характеристик вычислительных систем и их элементов.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- проведен анализ существующих моделей и методов встроенного диагностирования вычислительных систем;
- разработаны математическая модель встроенной системы диагностирования и диагностическая модель элемента вычислительной системы;

- разработаны метод расчёта весовых коэффициентов при решении многокритериальных задач, а также метод расчёта показателя надёжности элементов вычислительных систем;

- разработан алгоритм динамического распределения диагностических задач во встроенной системе диагностирования;

- внедрены предложенные математические модели, методы расчёта основных характеристик разработанных моделей, разработанный алгоритм.

2. Научная повизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- Разработаны *модели системы диагностирования и элементов вычислительных систем*. Они *отличаются* от существующих тем, что в них основным фактором для реконфигурации системы диагностирования предложено считать техническое состояние элементов системы. Это *позволяет* учитывать показатели работоспособности элемента при распределении диагностических задач на различных этапах диагностирования.

- Разработан *метод принятия решений в задаче диагностики элементов вычислительных систем*, позволяющий определить значения *весовых коэффициентов* для принятия решения о динамическом распределении диагностических задач. Он *отличается* от существующих тем, что значительно снижает эффекты компенсации, возникающие при использовании наиболее часто применимых алгебраических и количественных критериев. Это *позволило* повысить точность и объективность расчёта относительной важности критериев в системе принятия решения.

- Разработан *метод определения показателя надёжности элемента вычислительной системы* исходя из текущих значений критериев работоспособности и значений их важности (весовых коэффициентов). Он *отличается* от существующих тем, что предлагает снижение влияния эффектов компенсации при расчёте показателя надёжности элемента вычислительной системы, предлагая геометрическую модель описания технического состояния. Это *позволило* учесть множество критериев работоспособности с различными значениями важности; с большей точностью определять показатели разработанных моделей; более эффективно распределять диагностическую информацию и повысить надёжность вычислительных систем.

- Разработан *метод, позволяющий обоснованно и эффективно распределять диагностическую информацию*. Он *отличается* от существующих тем, что позволяет динамически изменять роли элементов системы встроенного диагностирования, а также учитывать техническое состояние элементов для прогнозирования их возможного состояния на следующем этапе проверки. Это *позволило* повысить наработку между отказами и уменьшить время восстановления.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается соответствием результатов, представленных в научных работах других исследователей, а также сопоставлением результатов теоретических выводов, экспериментов, полученных при помощи моделирования, и результатов внедрения.

4. Практическая значимость исследования:

Предложенный инструментарий в виде моделей, методов, алгоритмов реализован и внедрен в составе информационного и программного обеспечения инструментария встроенного диагностирования вычислительных систем. По основным показателям отмечено, что внедрение результатов работы позволило:

- увеличить время работоспособности вычислительной системы в среднем на 8,3% (акт ЗАО «ИВС-Сети»).

- уменьшить время восстановления системы на 5% (акт ООО «ПроИнфоСервис») за счёт кластеризации отказов.

- внедрить результаты работы в учебный процесс кафедры «Автоматика и телемеханика» (акт ФГАОУ ВО «ПНИПУ»)

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

Основные результаты изложены в 16 публикациях, из них 3 статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях; 1 статья в журнале, индексируемом в МБЦ Web of Science, 3 публикации в трудах международной конференции, индексируемых в МБЦ Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Клейман, Л.А. Методика принятия решений в задаче диагностики элементов информационно-управляющих систем / Л.А. Клейман // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2021. – № 38. – С. 90-109.

В данной работе представлена методика принятия решений при решении многокритериальной задачи диагностики элементов вычислительной системы. Л.А. Клейман провел анализ существующих методик, определил их недостатки и представил новую методику, позволяющую автоматизировать расчёт весовых коэффициентов, а также объединить объективные знания о степени влияния критериев с возможностью усиления степени влияния при помощи экспертной оценки. Показан практический пример использования данной методики при решении задачи определения показателя надёжности элемента вычислительной системы. (Вклад соискателя 100%)

2. Клейман, Л.А. Повышение надёжности функционирования элементов информационно-управляющих систем с применением встроенных средств диагностирования / Л.А. Клейман, Е.Л. Кон, В.И. Фрейман, А.А. Южаков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2019. – № 3(43). – С. 29-40.

В данной работе соавторов представлен разработанный алгоритм динамического распределения диагностических задач. Л.А. Клейманом был проведён аналитический обзор существующих моделей, методов, алгоритмов встроенных систем диагностирования. Была разработана математическая модель встроенной системы диагностирования, создан алгоритм перераспределения диагностических задач между элементами. Соискателем были проведены эксперименты, результаты которых

показали преимущества разработанных модели и алгоритма. (Вклад соискателя 65%)

3. **Клейман, Л.А.** Мониторинг и диагностика элементов беспроводных информационно-управляющих систем / Л.А. Клейман, В.И. Фрейман, А.А. Южаков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2018. – № 4(40). – С. 58-73.

В данной работе представлены результаты разработки и внедрения системы мониторинга и диагностирования коммуникационных элементов систем управления. Л.А. Клейманом показано, что для обеспечения заданного качества процедур управления, контроля и диагностики преобразователей информации в беспроводных информационно-управляющих системах необходима разработка многофункционального программного инструментария. Проанализированы существующие аналоги систем мониторинга и диагностики, показаны их недостатки. Разработана архитектура и топология разрабатываемой системы управления. сформулированы требования к функциональным подсистемам. Обоснован выбор программных средств для реализации проекта. Проиллюстрированы характеристики и возможности основных подсистем. Выполнена апробация разработанной системы мониторинга и диагностики для беспроводной информационно-управляющей системы организации (университета). Приведены иллюстрирующие примеры её функционирования, показаны решённые проблемы, определены области целесообразного применения системы и направления её развития. (Вклад соискателя 70 %)

Научные статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых в МБЦ:

4. **Kleiman, L.A.** Improving the functioning reliability of the information management system elements, using built-in diagnostic tools / L.A. Kleiman, V.I. Freyman // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. - №1. – Pp. 158–171 (Web of Science)

В данной работе представлена разработанная модель вычислительной системы, для повышения показателей надёжности которой предлагается использовать интегрированную систему тестовой диагностики. Л.А. Клейманом создана математическая модель для расчёта основных показателей функционирования элементов вычислительной системы. Оптимизирован алгоритм перераспределения диагностической нагрузки, которые используют результаты расчётов по предложенной модели и позволяют повысить показатели работоспособности элементов системы. Соискателем разработана программная модель, реализующая разработанный алгоритм и позволяющая сравнивать его с существующими аналогами. Было проведено исследование модели программного обеспечения с различными параметрами и по результатам моделирования программного обеспечения были сделаны выводы о возможностях улучшения алгоритма. (Вклад соискателя 65 %)

5. **Kleiman, L.A.** Mathematical Model for Determining the Reliability Indicators of Computing System Elements / L.A. Kleiman, V.I. Freyman // Proceedings of the 2022 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (ElConRus). – Pp. 693-696.

В данной работе представлена диагностическая модель элемента вычислительной системы, а также методика расчета показателя их надёжности. Л.А. Клейман

разработал методику определения показателя надежности элемента вычислительной системы, учитывающую заданный набор критериев, по-разному влияющих на техническое состояние элемента. Разработанная методика позволяет автоматизировать принятие решений, снизить влияние эффектов компенсации и повысить масштабируемость предлагаемого метода оценки. Соискателем были проведены эксперименты, позволяющие сделать вывод об эффективности разработанного метода по сравнению с существующими. **(Вклад соискателя 80 %)**

6. **Kleiman, L. A.** The Method of Dynamic Distribution of the Diagnostic Load between Information and Control Systems Elements / L.A. Kleiman, V.I. Freyman // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (ElConRus). – pp. 952-955.

В данной работе представлены результаты программного моделирования разработанного алгоритма динамического распределения диагностических задач, обоснован эффект снижения стоимости ремонтных работ. Л.А. Клейман разработал и описал данный метод, разработал программную реализацию данного метода, а также его существующих аналогов. Соискатель представил результаты сравнительных экспериментов, показывающих преимущества использования описанного метода в системе диагностики, а также положительный эффект кластеризации отказов. **(Вклад соискателя 70 %)**

7. KavaleroV, M.V. Adaptive Q-routing with Respect to Energy Consumption Model / M.V. KavaleroV, **L.A. Kleiman**, V.I. Freyman // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (ElConRus). – pp. 22-27.

В данной работе представлен алгоритм маршрутизации, основывающийся на эффективном распределении задач переадресации пакетов исходя из минимального времени доставки пакета. Л.А. Клейман в данной работе произвел теоретические расчёты а также программное моделирование при использовании разработанного алгоритма перераспределения задач маршрутизации. **(Вклад соискателя 30 %)**

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, полученные по тематике диссертационной работы:

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619216 Российская Федерация. Приложение администратора системы мониторинга и диагностирования элементов и устройств беспроводных информационно-управляющих систем (Front_Monitor) : № 2018616593 : заявл. 26.06.2018 : опубл. 02.08.2018 / **Л.А. Клейман**, В.И. Фрейдман ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660059 Российская Федерация. Сервер системы мониторинга и диагностирования элементов и устройств беспроводных информационно-управляющих систем (Back_Monitor) : № 2018616627 : заявл. 26.06.2018 : опубл. 15.08.2018 / **Л.А. Клейман**, В.И. Фрейдман ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Представленная Клейманом Львом Александровичем диссертационная работа является прикладным научным исследованием в области повышения надежности вычислительных систем и их элементов и имеет фундаментальное и прикладное значение для развития данного направления науки.

Указанная область исследования соответствует пунктам **3, 4** паспорта научной специальности 2.3.2 Вычислительные системы и их элементы:

п. 3. Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, сбое- и отказоустойчивость, контроль и диагностику функционирования вычислительных систем и их элементов.

п. 4. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования вычислительных систем и их элементов в нормальных и экстремальных условиях с целью улучшения их технико-экономических и эксплуатационных характеристик.

7. Диссертационная работа Клеймана Льва Александровича отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.: автор, Клейман Лев Александрович, корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных лично или в соавторстве.

Диссертация «Повышение надежности вычислительных систем на основе динамического распределения диагностических задач» **Клеймана Льва Александровича** рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.2 Вычислительные системы и их элементы.

Заключение принято на заседании кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета «16» мая 2022 г. (протокол № 11).

Присутствовало на заседании 24 чел. Результаты голосования: «за» – 24 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Заведующий кафедрой
«Автоматика и телемеханика»,
доктор технических наук, профессор


/ Южаков А.А./