

## **Отзыв**

официального оппонента Романцовой Наталии Владимировны  
на диссертационную работу Клеймана Льва Александровича  
«Повышение надежности вычислительных систем  
на основе динамического распределения диагностических задач»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.3.2 – Вычислительные системы и их элементы

### **Актуальность**

Вычислительные системы различного назначения являются неотъемлемой частью функционирования технологических и организационных процессов современного общества. В таких системах одним из важнейших факторов работы системы является качество её функционирования. В силу усложнения структуры, увеличения различных типов вычислительных систем, а также технического прогресса в области создания различных процессорных устройств, являющихся элементами вычислительных систем, важной задачей становится повышение надежности систем и их элементов. Одним из наиболее эффективных инструментов повышения надежности вычислительных систем и их элементов служит применение средств диагностирования.

Таким образом, диссертационная работа Клеймана Л.А. «Повышение надежности вычислительных систем на основе динамического распределения диагностических задач» решает задачи повышения надежности вычислительных систем и их элементов посредством увеличения эффективности проведения диагностических мероприятий путем обоснованного перераспределения диагностических задач.

В работе автора предлагаются модели, методы и алгоритм, необходимые для работы встроенной системы диагностирования, позволяющие эффективно и автоматически, в зависимости от технического состояния элемента вычислительной системы, распределять диагностические задачи между элементами. Методы, разработанные автором, могут использоваться не только в рамках данной задачи, но и для решения других многокритериальных задач, в которых необходимо определить важность учитываемых критериев или принимать решения в зависимости от технического состояния элемента или системы.

Все эти факторы позволяют сделать вывод о том, что задачи, решаемые в работе Клеймана Л.А., являются актуальными.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа Клеймана Л.А. состоит из введения, пяти глав, заключения. Полный текст диссертации содержит 118 страниц, из них – 109 страниц основного текста, 6 таблиц, 19 рисунков и 2 приложения (9 страниц). Приложения содержат копии актов внедрения и листинг разработанной программы моделирования. Список использованной литературы включает 107



наименований российских и зарубежных авторов.

Во **введении** представлено современное положение дел в области использования вычислительных систем и их элементов в различных сферах и при различных условиях эксплуатации. Затронуты вопросы улучшения показателей надежности вычислительных систем и их элементов путем создания систем диагностирования, а также реконфигурации таких систем в случае выявления проблем в канале передачи данных и появлении ошибок диагностирования. Проведенный обзор, а также сформулированные актуальность и степень научной проработанности, позволили автору определить объект и предмет исследования, а также цель и задачи, решение которых позволит достичь указанной цели. Автором также описаны методы, применяемые в данном исследовании.

В **первой** главе проведён общий анализ вычислительных систем, а именно приведена классификация их элементов, выделены особенности их работы при различных условиях эксплуатации, такие как: автономность, возможность использования беспроводных технологий передачи данных, применение различных видов аппаратных защит.

Рассмотрены способы обеспечения надежности вычислительных систем на различных этапах жизненного цикла, в частности, конструктивные методы; резервирование; сбор, анализ и обобщение опыта эксплуатации; разработка научных методов эксплуатации и повышение квалификации научного персонала. Клейман Л.А. выделил в качестве основного способа – диагностирование, для которого выбрал модели, инструменты и методы встроенного тестового диагностирования в качестве предмета своего исследования.

Автор, рассмотрев зависимость числа работоспособных элементов и его влияние на коэффициент технического использования системы, сформулировал математическую постановку задачи данного исследования.

Во **второй** главе автор провёл анализ существующих математических моделей, применяемых во встроенной системе диагностирования, описанных в работах отечественных и зарубежных ученых. Клейман Л.А. отмечает некоторые недостатки современных моделей, например, отсутствие решения проблемы эффективности расходования ресурсов в беспроводных вычислительных системах, и делает вывод, что в литературных источниках рассматривают ошибки диагностирования и проблемы в канале передачи данных, как причину для реконфигурации диагностической системы. Устранение описанных недостатков становится основой для разработанных автором математической и диагностической модели системы диагностирования и элемента вычислительной системы.

Математическая модель встроенной системы диагностирования основывается на модели Препарата – Метца – Чена, которая представляет систему в виде графа, в узлах которого находятся элементы вычислительной системы, а ребра – взаимосвязи между ними. Модель подразумевает разделение



элементов на произвольное количество классов, позволяющее обоснованно распределять диагностические задачи. Математическая модель разработанной системы характеризуется числом необходимых проверок перед началом диагностирования и максимальным числом проверок, которое может быть проведено в данный диагностический интервал.

Диагностическая модель элемента встроенной системы диагностирования разработана таким образом, что в зависимости от показателя надежности элемента ему назначается определенное число проверок, которые необходимо выполнить. Также модель позволяет учитывать множество критериев работоспособности для определения технического состояния элемента.

В **третьей** главе представлены разработанные методы определения основных показателей предложенных моделей.

Метод определения важности критериев позволяет совместить объективные знания о степени влияния критериев на результирующий показатель, позволяя при этом усилить степень влияния путем дополнительной экспертной оценки. Такой способ может быть легко автоматизирован, а также является масштабируемым как на число критериев, так и на число учитываемых характеристик.

Метод определения показателя работоспособности элемента вычислительной системы представляет элемент в виде конуса единичной высоты и единичного основания. Данное представление позволяет отобразить максимальные и текущие значения критериев работоспособности, определить объём получившихся фигур и таким образом, получив их отношение, численно определить показатель надежности элемента вычислительной системы.

Вывод автора о том, что данный метод подвержен меньшим эффектам компенсации, а следовательно имеет преимущество по сравнению со средневзвешенным методом, подтверждается результатами машинных экспериментов. Результаты моделирования показывают, что в рассмотренных ситуациях показатель надежности имеет меньшее значение, что позволяет избавить элемент от дополнительной диагностической нагрузки.

В **четвертой** главе автор описывает разработанный алгоритм перераспределения диагностических задач. Алгоритм подразумевает 3 этапа, на каждом из которых происходит расчёт по разработанным моделям и методам. Данный алгоритм позволяет в рамках своей работы решать не только задачи диагностирования, но и определенные задачи мониторинга. Заложенные в определенные ветви алгоритма проверки и условия позволяют прогнозировать состояния системы и создавать необходимые оповещения.

Также автором описан эффект кластеризации отказов, оказывающий положительное влияние на коэффициент технического использования вычислительной системы.

Клейман Л.А. в данной главе представил результаты моделирования согласно разработанной им программе. По результатам моделирования и сравнения с существующими алгоритмами полученная характеристика числа работоспособных элементов вычислительной системы действительно оказывает положительное влияние на коэффициент технического использования



вычислительной системы.

В пятой главе приведены результаты внедрения результатов диссертационной работы в реальную вычислительную систему «Безопасный город». Данная система состоит из нескольких уровней, а именно удаленного управления, локального управления и конечных устройств. Данная система решает задачи безопасности дорожного движения путем управления и агрегации данных со стационарных, удаленных и передвижных комплексов фото- и видеофиксации. Разработанные автором модели, методы и алгоритм были адаптированы и внедрены на каждом уровне системы, что в свою очередь позволило увеличить коэффициент технического использования в среднем на 8,3%, а также уменьшить время восстановления системы на 5% за счёт эффективного использования кластеризации отказов.

В заключении автором сформулированы основные результаты, полученные в рамках проводимого исследования, а также сделаны выводы. Эти выводы полностью отражают научные достижения автора.

### Научная новизна диссертационной работы

К научной новизне работы можно отнести:

1. *Математическая и диагностическая модели встроенной системы диагностирования и элемента вычислительной системы*, позволяющие более точно учитывать критерии работоспособности при распределении диагностических задач между элементами встроенной системы диагностирования.

2. Методы расчёта основных характеристик разработанных моделей, а именно: *метод определения весовых коэффициентов* при решении многокритериальных задач, позволяющий совместить объективные знания о степени влияния критериев на результирующую характеристику с возможностью усиления степени их влияния при помощи экспертной оценки. Данный метод является масштабируемым, возможным для автоматизации и использования при решении других многокритериальных задач. *Метод определения показателя надежности элемента* вычислительной системы позволяет уменьшить эффекты компенсации, возникающие при учете множества критериев при решении задачи определения технического состояния элемента.

3. *Алгоритм*, позволяющий производить динамическую реконфигурацию встроенной системы диагностирования. Данный алгоритм позволяет задавать и менять роли элементов, а также учитывать показатель их надежности при распределении диагностической нагрузки.

### Достоверность и обоснованность результатов исследования

Результаты работы представлены в 16 публикациях, из них 3 статьи ВАК; 1 статья в журнале, индексируемом в МБЦ Web of Science, 3 тезиса конференций, индексируемых в МБЦ Scopus, 2 свидетельства о



государственной регистрации программ для ЭВМ.

В приложении автор представил акты внедрения, полученные при практическом использовании результатов исследований. Результаты не противоречат теоретическим положениям и исследованиям отечественных и зарубежных авторов.

Все это позволяет считать полученные результаты обоснованными и достоверными.

Автореферат в полной мере отражает основные положения, содержание и выводы диссертации. Опубликованные работы дают достаточно объемное представление о содержании диссертации.

### **Практическая значимость полученных автором результатов**

Полученные научные результаты, а именно: модели, методы и алгоритм, – были активно использованы на практике. Это доказывают акты внедрения, представленные Клейманом Л.А. в приложении.

По основным показателям отмечено, что внедрение результатов работы позволило увеличить коэффициент использования вычислительной системы в среднем на 8,3% (акт ЗАО «ИВС - Сети»). Также кластеризация отказов позволила уменьшить время восстановления системы на 5% (акт ООО «ПроИнфоСервис»). Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры «Автоматика и телемеханика» (акт ФГАОУ ВО «ПНИПУ»).

### **Замечания**

1. В работе переопределяются некоторые существующие термины, например, вычислительная система подменяется понятием информационно-измерительной и управляющей системы. Вычислительная система имеет устоявшееся определение – это совокупность аппаратно-программных средств, предназначенных для выполнения информационно-вычислительных процессов (ГОСТ Р 57700.27-2020).

2. Исправность работы системы диагностики зависит от работоспособности устройства управления и конфигурирования. Для данного элемента не были описаны способы обеспечения надежности.

3. Анализ данных таблицы 1 позволил автору выбрать вид системы, подходящей для диагностики элементов вычислительной системы. По данной таблице можно сделать вывод об отсутствии рекомендаций к построению или использованию стационарной системы диагностирования, так как данный вид систем имеет лишь одну возможность применения. Кажется сомнительным, что стационарная система диагностирования не обладает функциями контроля параметров и накопления данных о параметрах и видах отказов.

4. На стр. 32 перечислены объекты диагностики в ВС: первичные преобразователи, устройства локального управления, коммуникационные устройства, – при этом не указаны причины выбора именно этих объектов и исключения других составных частей ВС.



5. Не хватает оценки адекватности разработанных математических моделей вне зависимости от конкретной системы внедрения. Будет ли модель показывать такие же результаты при других условиях эксплуатации и пр.

6. Недостаточно описаны преимущества разработанного метода расчёта весовых коэффициентов при решении многокритериальной задачи.

7. Неочевиден конечный характер зависимости показателя надёжности от текущих значений критериев и их весовых коэффициентов.

Эффективность метода определения показателя надёжности элемента вычислительной системы доказывается для неполного набора возможных ситуаций.

8. В экспериментах (п. 4.4), представленных для проверки эффективности разработанных алгоритмов, рассматриваются только системы, имеющие равное количество элементов каждого класса.

При оформлении диссертации допущены неточности.

1. В тексте диссертации имеются орфографические ошибки, опечатки, в ряде предложений не согласованные падежи слов (стр. 6, 12, 31, 36, 42, 49, 56, 57, 58, 62, 69, 70, 79).

2. Отсутствует список сокращений, некоторые сокращения не расшифрованы; в некоторых выражениях перепутаны индексы (например, (9)-(12)), разные параметры имеют одинаковые буквенные обозначения в формулах.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы и полученных результатов.

### **Заключение**

Диссертационная работа Клеймана Льва Александровича «Повышение надёжности вычислительных систем на основе динамического распределения диагностических задач» является полной и законченной научной работой. Работа представляет решение актуальной научной задачи повышения надёжности вычислительных систем на основе обоснованного и эффективного перераспределения диагностических задач.

Выбор методов и инструментов для решения поставленной задачи Клейманом Л.А. является обоснованным. Результаты, полученные автором, нашли теоретическое и практическое подтверждение в рамках процесса моделирования и внедрения.

Считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Клейман Лев Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.2 – Вычислительные системы и их элементы.



Я, Романцова Наталия Владимировна, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры информационно-  
измерительных систем и технологий  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)»

42

/ Н.В. Романцова /

14.09.2022

Романцова Наталия Владимировна  
Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.11.16 –  
Информационно-измерительные и управляющие системы (приборостроение).

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, литера Ф,  
телефон: +7 812 346-44-87,  
почта: [nvromantsova@mail.ru](mailto:nvromantsova@mail.ru)

