

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ  
УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

**ПИСКАЧЕВА Марина Александровна**

УДК 621.395.345; 681.518.54 (043.3)

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ  
ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ НА ОСНОВЕ  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОНТРОЛЯ И  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

05.12.02 - телекоммуникационные системы и сети

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель  
Артеменко Евгений Андреевич  
доктор технических наук, профессор

Харьков – 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СТРУКТУР ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НА ИССЛЕДОВАНИЕ	16
1.1. Анализ основных систем, входящих в состав ЦСК	16
1.2. Анализ методов и средств обеспечения требуемой надежности АС и ПО УУ ЦСК. Анализ статистики отказов ЦСК	23
1.3. Роль контроля и диагностирования в обеспечении требуемой надежности ЦСК	34
1.4. Обоснование и выбор показателей надежности ЦСК	44
1.5. Постановка общей и частных задач исследований	48
Выводы по разделу 1	49
РАЗДЕЛ 2. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ	51
2.1. Анализ особенностей построения ЦСК различных производителей	51
2.2. Исследование состава и функций программ технического обслуживания ЦСК	56
2.3. Разработка и исследование моделей и аналитических зависимостей надежности ПО УУ ЦСК в условиях работы до первого отказа	66
2.4. Исследование особенностей типовых комплектов диагностических программ	75
Выводы по разделу 2	87
РАЗДЕЛ 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ	90

3.1 Разработка моделей процесса контроля и диагностирования УУ ЦСК	90
3.2 Обоснование исходных данных для моделирования процесса функционирования СКД УУ ЦСК	97
3.3 Исследование разработанной модели процесса контроля и диагностирования УУ ЦСК	101
Выводы по разделу 3	125
РАЗДЕЛ 4. РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБУЕМОЙ ГОТОВНОСТИ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ	127
4.1. Анализ и обобщение результатов исследования моделей процесса КД УУ ЦСК	127
4.2. Разработка рекомендаций по размещению типовых пакетов диагностических программ в памяти УУ ЦСК	136
4.3. Разработка и исследование моделей функционирования УУ ЦСК с возможностью восстановления после отказа АС и ПО	138
4.4. Метод повышения надежности УУ ЦСК на основе использования типовых диагностических программ для их контроля и диагностирования	146
4.5. Разработка рекомендаций по выбору и практическому применению типовых диагностических программ	157
Выводы по разделу 4	158
ВЫВОДЫ	160
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	166
ПРИЛОЖЕНИЕ А	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	181
ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТ ВНЕДРЕНИЯ	191
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. АКТ ВНЕДРЕНИЯ	192
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. АКТ ВНЕДРЕНИЯ	193

## СПИСОК УСЛОВНЫХ ПОКРАЩЕНИЙ

ПО	– Программное обеспечение
СЛДУ	– Система линейных дифференциальных уравнений
УУ	– Устройства управления
ЦСК	– Цифровые системы коммутации
ТО	– Техническое обслуживание
ТЭЗ	– Типовой элемент замены
БН	– Блок надежности
НИР	– Научно-исследовательская работа
ОАО	– Открытое акционерное общество
ПК	– Персональный компьютер
МС	– Микропроцессорная система
ОКС-7	– Система общеканальной сигнализации №7
ЛДУ	– Линейные дифференциальные уравнения
АС	– Аппаратные средства
Пр	– Процессор
КВВ	– Канал ввода-вывода
ЗУ	– Запоминающее устройство
ОЗУ	– Постоянное запоминающее устройство
ПЗУ	– Оперативное запоминающее устройство
УСЗУ	– Устройство сопряжения с оперативным запоминающим устройством
ППЗУ	– Перезаписываемое запоминающее устройство
КД	– Контроль и диагностирование
СКД	– Система контроля и диагностирования
КПДП	– Канал прямого доступа к памяти
АЛУ	– Арифметико-логическое устройство
ЦУУ	– Центральное устройство управления

ИПО	–	Инструментальное программное обеспечение
ППО	–	Прикладное программное обеспечение
СПО	–	Системное программное обеспечение
КМ	–	Коммутационный модуль
ФД	–	Функциональное диагностирование
ТД	–	Тестовое диагностирование
ОК	–	Объект контроля
КТС	–	Контроль технического состояния
ПУУ		Периферийное устройство управления
ЭУМ		Электронная управляющая машина
ОС		Операционная система

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое распространение получили цифровые системы коммутации. По сравнению с предшествующими коммутационными станциями цифровые системы коммутации имеют ряд преимуществ: малые размеры, высокую надежность работы, небольшие эксплуатационные расходы и большую степень автоматизации процессов контроля оборудования и технического диагностирования качества функционирования систем, возможность автоматического исключения из эксплуатации неисправных устройств и выдачи информации обслуживающему персоналу о месте и характере отказов.

Надежность определяет степень готовности станции в любой момент времени к обслуживанию абонентов. На надёжность цифровых систем коммутации влияет как надёжность отдельных её компонентов, так и способность противостоять ошибочным действиям операторов, быстрая восстанавливаемость при отказах и неправильных действиях технического персонала [1]. Требования к надежности цифровых систем коммутации, используемых на железнодорожном транспорте, регламентированные рядом международных и национальных стандартов [2,3], а также руководящими документами отрасли [4,5], следующие: коммутационные станции разной емкости и назначения необходимо укомплектовывать типовыми блоками и незначительно различаться по структуре; расширение емкости станции при развитии сети должно осуществляться наращиванием блоков без перемонтажа и внесения существенных изменений в действующее оборудование; применение единой нумерации для местных сетей железнодорожного транспорта; возможность изменения функции станций и нумерация абонентских линий без какого-либо переоборудования станции. Срок службы цифровых систем коммутации должен составлять не менее 20 лет; суммарное время простоя за 20 лет эксплуатации - не более 2 ч, а коэффициент готовности должен составлять 0.999994 без учета времени прибытия

обслуживающего персонала на станцию [6].

Для выполнения вышеперечисленных требований к надежности цифровых систем коммутации необходимо применять соответствующие меры поддержания и повышения надежности: обеспечивать ремонтпригодность, контролепригодность, безотказность и восстанавливаемость; использовать методы контроля и диагностирования как на этапе их создания и производства, так и на этапе эксплуатации.

Наиболее важным и сложным цифровым устройством, осуществляющим управление работой систем, входящих в состав цифровых систем коммутации, и обеспечивающим выполнение заданных ей функций, является устройство управления. К устройствам управления цифровых систем коммутации предъявляются высокие требования по надежности и безотказности его аппаратных средств и программного обеспечения. Для выполнения данных требований, необходимо осуществлять меры по повышению надежности работы устройств управления цифровых систем коммутации путем осуществления контроля и диагностирования как аппаратных, так и программных средств и своевременного восстановления. В настоящее время существует множество программных средств [7-9], которые применяются для контроля и диагностирования типовых цифровых систем.

Однако, несмотря на множество существующих методов по обеспечению надежного функционирования цифровых систем коммутации, количество отказов и сбоев по-прежнему велико. Из этого следует, что необходимо разрабатывать новые и совершенствовать существующие методы контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации на основе использования типовых комплектов диагностических программ.

**Актуальность темы.** Одним из основных направлений обеспечения выполнения требований к повышению надежности цифровых систем коммутации является своевременное обнаружение и устранение влияния сбоев и отказов по результатам контроля и диагностирования. Нарушение работоспособности цифровых систем коммутации может быть вызвано как отказами аппаратных

средств, так и проявлением дефектов программного обеспечения [10]. В связи с этим большую актуальность приобретает решение задач, связанных как с разработкой высоконадежных цифровых систем, отказоустойчивых аппаратных и программных средств, так и совершенствованием методов контроля и диагностирования, используемых в них.

Повышение надежности как вычислительных, так и микропроцессорных систем связи, методы и способы их контроля и диагностики рассматривали в своих работах Суторихин Н.Б. [11], Вегенер Р.Р. [12], Раскин Л.Г., Костенко Ю.Т. [13], Дружинин Г.В. [14], Черкесов В.В. [15], Азарсков В.Н., Стрельников В.П. [16] и др.

Суторихин Н.Б. [11] занимался проблемами качества обслуживания и надежности сетей связи разработка методов и средств повышения качества обслуживания трафика и структурной надёжности сети межстанционных связей; оптимальным планированием мероприятий по модернизации телекоммуникационных сетей с учётом требований к повышению качества услуг связи.

В [12] разработана модель контроля функционирования устройства управления квазиэлектронной автоматической телефонной станции, которая позволяет учитывать отказы и сбои как аппаратных, так и программных средств, однако не рассмотрена возможность совершенствования методов контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации.

В [13] освещены вопросы разработки методики математического обеспечения решения задач с множеством факторов и взаимодействий, характеризующих режим и условия эксплуатации комплексов технических средств автоматических средств управления и локальных информационных управляющих систем на их техническое состояние. В своей работе автор приводит Марковские и полумарковские модели контроля процесса функционирования управляющих систем с учетом устойчивых, скрытых, ложных отказов и сбоев системы. Однако его модели учитывают только отказы аппаратных и не учитывают отказов программных средств.

В [14] рассмотрена методология построения моделей отказов управляющих устройств микропроцессорных систем на основе анализа физических процессов, приводящих к отказам объектов.

В [15] изложены особенности аналитических методов оценки надежности аппаратно-программных комплексов и практических методов обеспечения надежности.

В [16] описаны методы оценки надежности технических объектов, технологических систем и технологических процессов, мероприятия по формированию показателей надежности проектируемых объектов.

Однако в этих трудах:

- не проведен сравнительный анализ структур современных цифровых систем коммутации с точки зрения обеспечения требуемой надежности;

- не учтены в математических моделях функционирования цифровых систем коммутации различные виды отказов и сбои как аппаратных средств, так и программного обеспечения;

- не предложены пути возможного использования типовых диагностических программ в качестве средств программного контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации с учетом требований к их надежности.

Актуальность темы диссертационных исследований определяется необходимостью обеспечения требуемой высокой готовности цифровых систем коммутации путем разработки метода контроля и диагностирования, полученного на основе использования типовых комплектов диагностических программ, а также разработанной методики выбора данных программ из множества существующих, позволяющих наиболее полно обнаруживать отказы и сбои как аппаратных, так и программных средств.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Исследования в диссертационной работе проводились в соответствии с положениями “Концепции развития связи Украины до 2010 года” и “Концепции конвергенции телефонных сетей и сетей с пакетной коммутацией в Украине”.

Результаты исследований включены в научно-исследовательскую работу, выполненную в соответствии с тактико-техническим заданием на научно-исследовательскую работу, проводимую в интересах Министерства обороны:

«Розробка системи висвітлення оперативної обстановки на командному пункті бригади з використанням сучасних засобів супутникової навігації, засобів зв'язку та географічних інформаційних технологій.». Звіт інв. №9 за 2005 р. про науково-дослідну роботу (проміжний), шифр «Висвітлення». Автором написан пункт 2.6 («Обґрунтування вимог до надійності пристроїв керування мікропроцесорної системи з використанням засобів контролю його параметрів», с. 44-54) [17].

**Цель и задачи исследования.** Целью исследований является повышение надежности устройств управления цифровых систем коммутации на основе разработки метода их контроля и диагностирования с помощью типовых пакетов диагностических программ. Для достижения поставленной цели исследований необходимо решить:

1. Общую научную задачу: разработать модели и метод повышения надежности устройств управления цифровых систем коммутации с использованием стандартных программных решений для их контроля и диагностирования, а также методики выбора типовых комплектов диагностических программ из множества существующих с учетом требований к полноте их контроля.

2. Частные задачи исследования:

- разработать метод повышения надежности устройств управления цифровых систем коммутации на основе применения типовых пакетов диагностических программ для их контроля и диагностирования;

- провести сравнительный анализ структур цифровых систем коммутации с точки зрения обеспечения требуемой надежности;

- исследовать известные методы обеспечения требуемой надежности цифровых систем коммутации;

- провести исследование целесообразности применения многоверсионности программного обеспечения для повышения надежности двухканальных устройств

управления цифровых систем коммутации и получить аналитические зависимости для нахождения вероятности безотказной работы микропроцессорных систем с учетом неравнонадежности версий программного обеспечения;

- разработать комплексные модели контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации, позволяющие более полно учесть влияние сбоев, различных видов отказов (как программного обеспечения, так и аппаратных средств), возникающих в них, и восстановления, а также исследование влияния показателей надежности управляющих устройств цифровых систем коммутации на готовность системы;

- разработать модели функционирования устройств управления цифровых систем коммутации, учитывающие отказы как аппаратных средств, так и программного обеспечения, а также разное количество версий (одну или две) их программного обеспечения.

**Объектом исследования** в диссертации является процесс контроля и диагностирования функционирования устройств управления цифровых систем коммутации.

**Предмет исследования:** модели и метод повышения надежности устройств управления цифровых систем коммутации на основе применения типовых диагностических программ.

**Методы исследования.** Для решения задач работы были использованы методы: системного анализа (при исследовании готовности цифровых систем коммутации и выработке рекомендаций по повышению их надежности); теории вероятностей и математической статистики (при создании марковских моделей исследования надежности цифровых систем коммутации с учетом отказов программной и аппаратной компонент; при получении аналитических зависимостей для оценки коэффициента готовности микропроцессорных систем); исследования операций и теория массового обслуживания.

**Научная новизна полученных результатов.** Новыми научными результатами, полученными в диссертационной работе, являются:

1. Получил дальнейшее развитие метод повышения надежности цифровых систем коммутации, основанный на применении типовых пакетов диагностических программ, который, в отличие от существующих, дает

возможность комплексно оценить влияние различных видов неисправностей на готовность устройств управления цифровых систем коммутации, обосновать рекомендации по введению многоверсионности программ их контроля и диагностирования.

2. Усовершенствованы модели надежности двухканальных устройств управления цифровых систем коммутации с многоверсионным программным обеспечением:

- аналитические зависимости для оценки вероятности безотказной работы микропроцессорных систем до первого отказа, которые, в отличие от существующих, учитывают неравнонадежность версий программного обеспечения двухканальных микропроцессорных систем и позволяют оценить выигрыш при использовании многоверсионности их программного обеспечения.

- модели функционирования устройств управления цифровых систем коммутации с многоверсионным программным обеспечением с возможностью восстановления системы после отказа, которые, в отличие от существующих, учитывают отказы как аппаратных средств, так и программного обеспечения.

3. Впервые получены:

- комплексные модели процесса контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации, которые, в отличие от существующих, позволяют более полно учесть влияние интенсивностей отказов, сбоев и восстановления как аппаратных средств, так и программного обеспечения на готовность устройств управления цифровых систем коммутации и позволяют выбирать по этим параметрам типовые программы для их контроля и диагностирования;

### **Практическое значение полученных результатов.**

Практические результаты диссертационной работы позволяют обосновывать:

- требования к надежности аппаратных средств и программного обеспечения цифровых систем коммутации и, в частности, к надежности их устройств управления;

- выбор типовых диагностических программ на этапе проектирования и производства систем коммутации и других микропроцессорных систем.

Применение типовых комплектов диагностических программ позволит сократить временные и экономические затраты на разработку программ контроля цифровых систем коммутации.

Результаты исследований могут быть применены:

- в научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях при разработке новой техники, что позволит повысить качество проектирования цифровых систем коммутации;

- при модернизации цифровых систем коммутации с целью повышения надежности их функционирования;

- в высших учебных заведениях.

Применение разработанного метода повышения надежности цифровых систем коммутации, основанный на применении типовых пакетов диагностических программ и методики выбора типовых программ позволяет повысить готовность устройств управления цифровых систем коммутации до 25% при малом значении вероятности безотказной работы программного обеспечения и позволяет существенно сократить временные и экономические затраты.

Полученные результаты: Комплексные модели процесса контроля и диагностирования устройств управления цифровых систем коммутации и метод повышения надежности цифровых систем коммутации, основанный на использовании типовых диагностических программ внедрены Главным управлением автоматики, телемеханики и связи в Укрзализнице на участке Гребенка-Ромодан в цифровой коммутационной системе “Meridian-1” (акт реализации №14/93 от 16.02.2007 г.). Модели контроля функционирования устройств управления с учетом дефектов программного обеспечения и отказов аппаратных средств внедрены при обосновании тактико-технических требований к средствам связи в объединенном научно-исследовательском институте Вооруженных сил Украины (акт реализации № д/р 0101U000460 от 12.05.2006 г.). анализ структур цифровых систем коммутации и аналитические зависимости

вероятности безотказной работы микропроцессорных систем до первого отказа внедрены в учебном процессе Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (акт реализации №06-17/33-29 от 05.02.2007 г.).

**Личный вклад соискателя.** Основные результаты диссертации получены автором самостоятельно и изложены в 8 научных статьях, которые опубликованы в научных профессиональных изданиях согласно перечня, утвержденного Постановлением Президиума ВАК Украины.

Личный вклад диссертанта относительно работ, написанных в соавторстве, составляет:

- в работе [18] автор самостоятельно провел анализ построения современных цифровых коммутационных станций с точки зрения обеспечения требуемой надежности, проведен анализ статистики отказов цифровых автоматических телефонных станций, намечены пути повышения надежности систем связи путем контроля и диагностирования их типовыми пакетами диагностических программ;

- в работе [19] автором разработана и исследована комплексная модель контроля функционирования устройств управления цифровых коммутационных станций, которая учитывает ее различные отказы и сбои как аппаратных, так и программных средств, которая позволяет получить аналитические и графические зависимости для расчета показателей готовности системы;

- в работе [20] – автором проведен анализ существующих методов повышения надежности цифровых устройств с учетом аппаратной и программной компоненты;

- в работе [21] разработана и исследована комплексная модель контроля функционирования устройства управления цифровой коммутационной станцией, которая позволяет учитывать возникающие в ней различные отказы и сбои и позволяет получить аналитические и графические зависимости для расчета показателей готовности системы;

- в работе [22] автором разработана модель функционирования системы контроля и диагностирования устройства управления цифровой автоматической

телефонной станции, в результате исследования которой: проведен анализ зависимостей значений коэффициента готовности от изменения интенсивностей отказов; разработаны практические рекомендации по применению и выбору широко известных диагностических программ для контроля и диагностирования устройств управления цифровых коммутационных станций; предложены метод повышения надежности цифровых автоматических телефонных станций, основанный на применении типовых пакетов диагностических программ для их контроля и диагностирования и методика выбора типовых программ для их использования в качестве программ диагностики;

- в работе [23] автором разработаны аналитические зависимости вероятности безотказной работы микропроцессорных систем с учетом неравнонадёжности версий программного обеспечения, в результате исследования которых обоснована целесообразность применения многоверсионности программного обеспечения.

Одна работа опубликована лично автором [24].

**Апробация результатов диссертации.** Результаты работы были представлены на шести научно-технических конференциях: 17 школа-семинар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харьков - Алушта, 20-25.09.2004 г.) [25]; 2-й международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» (Харьков, 19.09-23.09.2005) [26]; 18 международная школа-семинар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харьков - Алушта, 12-19.09.2005 г.) [27]; Международная научно-техническая конференция «Гарантоспособные (надежные и безопасные) системы, сервисы и технологии» (Полтава, 25-28.04.2006) [28]; 19 международная школа-семинар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харьков - Алушта, 11-15.09.2006 г.) [29]; 6 международная научно-техническая конференция «Проблемы информатики и моделирования» (ХПИ, 23-25.11.2006) [30].

**Публикации.** По теме диссертации с изложением ее основных результатов опубликовано 7 статей в научных специализированных изданиях согласно

перечню ВАК України (із них 4 статті – в журналах, 3 в научних збірниках, із них 1 стаття написана без соавторів [24]), 1 отчет о научно-исследовательской работе, а также 6 публикаций в материалах и тезисах научных конференций [25-30]. Всего 13 печатных работ.

Автор благодарен научному руководителю доктору технических наук профессору АРТЕМЕНКО ЕВГЕНИЮ АНДРЕЕВИЧУ, и признателен коллективу кафедры «Транспортная связь» за всестороннее содействие и помощь при выполнении работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цифровая коммутационная система Ф-1500. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. – Одесса, 1998. – 175 с.
2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 92 с.
3. ДСТУ 2992-95. Вироби електронної техніки. Методи розрахунку надійності.– К.: Держстандарт України, 1995.– 78 с.
4. Концепція розвитку зв'язку України до 2010 року, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р.
5. Концепція конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні.
6. Погорелый С.Д., Новиков Б.В. Утилиты для персональных ЭВМ. – Киев: ИНТЕРЭВМСИСТЕМА, 1991. – 224 с.
7. Колибін Ю.М., Кравець В.О., Рисований О.М., Хуторненко С.В.

Мікропроцесорні системи. Контроль та діагностика. Навчальний посібник. – Харків: ХВУ, 2000. – 174 с.

8. Крымов Б. Диагностика ПК с нуля! Учебное пособие / Москва: Лучшие книги, 2006. – 272 с.

9. Коммутатор Switch 4050 & 4060. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.rrc.com.ua/Switch\\_4050,4060\\_RRC.htm](http://www.rrc.com.ua/Switch_4050,4060_RRC.htm).

10. Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем.– М.: Высшая школа., 1989.– 216 с.

11. Суторихин Н.Б., Голошток Л.В., Зарецкий К.А. Надежность электронных коммутационных узлов и станций. – Москва: Радио и связь, 1982. – 198 с.

12. Надежность и техническое обслуживание АМТС с программным управлением. Справ. пособие /Р.Р. Вегенер, и др.; Под ред. В.Г. Дедоборща и Н.Б. Суторихина. М.: Радио и связь, 1989. – 320 с.

13. Костенко Ю.Т. и др. Прогнозирование технического состояния систем управления / Ю.Т. Костенко, Л.Г. Раскин. – Х.: Основа, 1996. – 303 с.

14. Дружинин Г. В. Процессы технического обслуживания автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1973. – 226 с.

15. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.

16. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики: Учебн. пособие. – К.: НАУ, 2004. – 164 с.

17. Розробка системи висвітлення оперативної обстановки на командному пункті бригади з використанням сучасних засобів супутникової навігації, засобів зв'язку та географічних інформаційних технологій: Звіт про НДР (проміжний), шифр «Висвітлення». – Харків: ОНДІ ЗС.- № д/р 0101U000460; Інв. №9. - 2005. – 64 с.

18. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Стандартизация программного контроля цифровых коммутационных станций как путь обеспечения их требуемой надежности// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004.

– Вип. 3 – С. 55 – 61.

19. Харченко В.С., Пискачева М.А. и др. Методика выбора архитектур многоверсионных мажоритарно-резервированных цифровых управляющих вычислительных систем на основе приоритетных рядов и варианты аппаратной реализации их мажоритарных элементов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №1. - Харків. – 2005. – С. 70-74.

20. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Модель контролю функціонування керуючого пристрою цифрової комутаційної станції// Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 71 – С. 77 – 87.

21. Пискачева М.А., Дремлюга А.В. Исследование моделей контроля функционирования устройства управления цифровой коммутационной станции // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. №7 (19). – С. 132-135.

22. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Метод выбора стандартных пакетов диагностических программ для контроля и диагностирования устройства управления цифровых автоматических телефонных станций // Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті. Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 78. – С. 172- 184.

23. Артеменко Е.А., Пискачева М.А, Пискачева И.В. Метод повышения надежности цифровых автоматических телефонных станций с применением дублирования аппаратных средств и многоверсионности программного обеспечения // Зб. наук. праць. – Харків: ОНДІ, 2007. – Вип. 1 (6) – С. 186–191.

24. Піскачова М.О. Аналіз методів контролю та діагностування цифрових систем комутації// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – Вип. 6 – С. 74 – 81.

25. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Стандартизация программного контроля цифровых автоматических станций как путь обеспечения их требуемой надежности (17 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №5. – Харків-Алушта. – 2005. – С. 110.

26. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Анализ методов обеспечения

требуемой надежности управляющего устройства цифровых коммутационных станций // Тези доповідей. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (18 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №5. – Харків-Алушта. – 2005. – С. 96.

27. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Модель контроля функционирования управляющего устройства цифровой коммутационной станции // Тези доповідей. Телекоммуникационные технологии и сети (2-й международный радиоэлектронный форум “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития.”). – Том 4. – Харків. – 2005. – С. 47-51.

28. Пискачева М.А., Дремлюга А.В. Исследование моделей контроля функционирования устройства управления цифровой коммутационной станции // Тези доповідей. Радиоелектронні і комп’ютерні системи (Международная научно-техническая конференция “Гарантоспособные (надежные и безопасные) системы, сервисы и технологии” (Полтава, 25-28.04.2006). – 2006. №7 (19). – С. 132-135.

29. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Анализ результатов моделирования процесса контроля функционирования управляющего устройства цифровых коммутационных станций // Тези доповідей. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (19 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №4, 5. – Харків-Алушта. – 2006. – С. 96.

30. Піскачова М.О., Піскачова І.В. Основні принципи забезпечення надійності та безпеки програмного забезпечення критичних мікропроцесорних систем // Проблеми інформатики та моделювання. Матеріали 6 міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2006.- С. 44-45.

31. Квазиэлектронная АТС Квант / В.О. Жогло, А.А. Иванов и др.; Под ред. Я.Я. Лочмелиса. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.

32. Техническое решение. Ericsson: 1/127 11-IPB 255 1038/1, 1998. - 480 с.

33. Лутов М.Ф. и др. Квазиэлектронные и электронные АТС / М.Ф. Лутов,

М.А. Жарков, П.А. Юнаков. – 2-е издание переработанное и дополненное. – М.: Радио и связь, 1988. – 264 с.

34. Истратова В.М. и др. Квазиэлектронные АТС на железнодорожном транспорте / В.М. Истратова, С.С. Косенко, Ю.И. Соколов. – М.: Транспорт, 1991. – 192 с.

35. Цифровая коммутационная система SI2000. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. – 2001. - 60 с.

36. Вернер В.Д. и др. Микропроцессоры в 3-х кн. Кн. 2. Средства сопряжения. Контролирующие и информационно-управляющие системы: Учебник для вузов / Под ред. Преснухина Л.Н., - М.: Высш. шк., 1986. – 383 с.

37. Артемьев М.Ю., Самоделов В.П. Программное обеспечение управляющих систем электросвязи: Учебник для техникумов. – М.: Радио и связь, 1990. - 272 с.

38. Кильтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. - 847 с.: ил.

39. ШУ-64. Журнал отказов цифровых систем коммутации службы сигнализации и связи Львовской железной дороги. – 2005-2006 гг.

40. Kuhn R. Sources of Failure in the Public Switched Telephone Network // Computing Practices. – 1997.– Vol.3, №5. – P.31-36.

41. КНД 33.040.030 (группа Э5). Система «Ф-1500» цифровая коммутационная. Технические условия. Введ. 14.09.95. – Одесса, Изд. АОЗТ „ФАРЛЕП”, 1995 – 264 с.

42. Руководство оператора. ААЛХ.00001 – 01 34 01. Система «Ф-1500» цифровая коммутационная. Введ. 01.04.97. – Одесса, Изд. АОЗТ „ФАРЛЕП”, 1997 – 216 с.

43. Полетаев В.Е. Опыт внедрения и эксплуатации аппаратуры ОТС «МиниКом DX-500/ЖТ» // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – №7. – С. 41-43.

44. Надежность технических систем: Справочник / Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. и др.; Под ред. Ушакова И.А.. – М.: Радио и связь,

1985. – 608 с.

45. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. – М.: Мир, 1986. – 576 с.

46. Коваленко А.Е., Гула В.В. Отказоустойчивые микропроцессорные системы. К.: Техніка, 1986. – 150 с.

47. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10т. / Под ред. Б. В. Гнеденко – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 2. Математические методы в теории надежности и эффективности. – 296 с.

48. Попова А.Г. Проектирование квазиэлектронных АТС: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1987. – 168 с.

49. Артеменко Е.А., Ключников И.Н. Организация контроля и диагностирования систем на основе микропроцессорных комплексов. // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Випуск 4(14). – С. 156 – 161.

50. Чернышев Ю.А., Абакумов И.С. Расчет и проектирование устройств ЭВМ с пассивным резервированием. – М.: Энергия, 1979. – 120 с.

51. Чернышев А.А. Основы конструирования и надежности электронных вычислительных средств.– М.: Радио и связь, 1998.– 448 с.

52. В.С. Харченко, В.В. Складар, О.М. Тарасюк. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. Учебное пособие. – Харьков: НАУ «ХАИ», 2004. – 159 с.

53. Игуду К.А., Касаткин А.И., Бахтизин В.В. Прогнозирование надежности программ на ранних этапах разработки / – М.: Методы оценки качества и надежности, 1982. – с. 3-10.

54. Липаев В.В. Проектирование программных средств: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1990. - 303 с.

55. Липаев В.В. Надежность программных средств. Серия “Информатизация России на пороге XXI века”. – М.: СИНТЕГ, 1998, 232 с.

56. Липаев В.В. Функциональная безопасность программных средств. – Москва: СИНТЕГ, 2004. – 348 с.

57. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир. 1980. - 360 с.
58. Аджиев В. Мифы о безопасном ПО: уроки знаменитых катастроф [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru>.
59. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1997. – 41 с.
60. ГОСТ 27.205-97. Надежность в технике. Проектная оценка надежности сложных систем с учетом технического и программного обеспечения и оперативного персонала. Основные положения. К.: Межгосударственный стандарт. 1997. – 9 с.
61. Лингер Р., Миллс Х., Уитт Б. Теория и практика структурного программирования.– М.: Мир, 1982.– 406 с.
62. Харченко В. С., Асидех Ф. А. Методы повышения отказоустойчивости бизнес-критических компьютерных систем с использованием многоверсионных STRATUS-технологий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 2003. – Вып. 19. – С.45-54.
63. Харченко В.С. Теоретические основы дефектоустойчивых цифровых систем с версионной избыточностью. - Харьков: МО Украины, 1996. – 506 с.
64. Харченко В.С. Многоверсионные системы: анализ развития и перспективы // Модели и системы. Выпуск 1.– Харьков: ХВУ, 1999.– С. 62-69.
65. Avizienis A. The N-Version Approach to Fault-Tolerant Software //IEEE Trans. on Software Engineering. – 1985. - Vol. SE-11, №12, - P. 1491-1501.
66. Харченко В.С., Тарасенко В.В. Технология разработки отказоустойчивых цифровых устройств на ПЛИС с использованием диверсных моделей ввода и тестирования проектов // Радиоелектроніка й інформатика. – 2002. -№4. - С.74-79.
67. Локазюк В.М. Надійність, контроль, діагностика та модернізація ПК: Посібник / В.М.Локазюк, Ю.Г.Савченко.- К., 2003.- 376с.
68. Харченко В.С. Модели и свойства многоальтернативных систем //

Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 12. – С. 140-147.

69. Littlewood B., Strigini L. A discussion of practices for enhancing diversity in software designs. DISPO Project Draft Technical Report LS-DI-TR-04, version 1.1d, - 2000. – 55 p.

70. Xiaolin Teng, Hoang Pham. A Software Reliability Growth Model for N-version Programming System / IEEE Transaction on Reliability, Vol. 51. NO. 3 September 2002, pp. 311-321.

71. ДСТУ 3524-97. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. – К.: Держстандарт України, 1997. – 20 с.

72. ДСТУ 2389 – 94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 48 с.

73. Артеменко Е.А. Основы построения автоматизированных систем контроля и управления сложными техническими объектами. – МО СССР, 1975. – 304 с.

74. Микеладзе М.А Развитие основных моделей самодиагностирования сложных систем // Автоматика и телемеханика, 1995. – №5. – С. 3 – 18.

75. Кошевенко А.В., Шаршунов С.Г. Функциональное тестирование RISC-микропроцессоров // Автоматика и телемеханика, 1998. – №10. – С. 147 – 152.

76. Жирабок А.Н. Функциональное диагностирование на основе соотношений паритета // Автоматика и телемеханика, 1998. – №2. – С.133 – 142.

77. Тупкало В.Н. Решение задачи функционального контроля на основе введения унифицированной структурной избыточности // Автоматика и телемеханика, 1993. – №1. – С. 167 – 172.

78. Бурый А.С., Полоус А.И., Шляконов В.А. Метод функционального диагностирования программно-управляемых объектов / Автоматика и телемеханика, 1998. – №4. – С. 173 – 178.

79. Быстро и легко осваиваем работу на компьютере. Учебное пособие./ Под ред. Ф.А. Резникова – М.: ЛУЧШИЕ КНИГИ, 2003. – 448 с.

80. Гремальский А.А., Рошка А.А., Бежан В. Формирователь псевдослучайных тест-программ для функционального тестирования микропроцессоров // Управляющие системы и машины, 1992 – №9/10. – С. 19 – 26.

81. Ломако А.Г., Зима В.М. Автоматизация функциональной диагностики программно-технических систем // Электронное моделирование, 1993. – т.15, №5. – С.57 – 63.

82. Мироновский Л.А. Функциональное диагностирование динамических систем // Автоматика и телемеханика, 1990. – №8. – С. 96 – 121.

83. Van de Goor A.J., Verhallen Th.J.W. A Functional Testing of Current Microprocessors (applied to the Intel i860™) // Proc. IEEE Int. Test Conference, 1992. – P.684 – 695.

84. Коваленко А.Е. Оценка сложности структур системного диагностирования отказоустойчивых систем // Электронное моделирование, 1991. – т. 13, №1. – С. 69 – 73.

85. Коваленко А.Є. Моделі послідовних процесів системного діагностування // Управляющие системы и машины, 2001. – №1. – С. 32 – 35.

86. Mahmood, E.J. McCluskey. Watchdog procesor: error coverage and overhead // Proc. 15th Ann. Int`l symposium fault-tolerant computing (FTCS-15), June 1985. – P. 214 – 219.

87. Ersoz, D.M. Andreus, E.J. McCluskey. Watchdog task: concurent error detection ussing assertions // Technical report TR 85-8, Stanford University, Center for reliable computing (FTCS-15), 1985. – P. 156 – 158.

88. Байда А.П., Перевозников С.И. Анализ сложности процесса декомпозиции при компонентном диагностировании цифровых устройств // Электронное моделирование, 1997. – №2. – С. 65 – 74.

89. Ferrandi, F. Fummi, D. Sciuto. Test generation and tastability alternative-exploration of critical algoritms for embedded aplications // IEEE Trahsaction on Computer, Febriary, 02. – Vol. 51. – P.200 – 215.

90. ДСТУ 2862-94. Розрахунок показників надійності.– К.: Держстандарт України, 1994.– 39 с.
91. ДСТУ 2850-94. Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінки якості.– К.: Держстандарт України, 1994.– 40 с.
92. Полонников Р.И., Никандров А.В. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения.– СПб.: Политехника, 1992.– 78 с.
93. Одарущенко Е. Б. Оценка надежности восстанавливаемых цифровых систем на основе многофрагментных марковских моделей // Системы обробки інформації: Збірник наукових праць. Вип.4(10). – Харків: ХФВ „Транспорт України”, 2000. – С.112-115.
94. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. – К.: Держстандарт України, 1994.– 33 с.
95. ДСТУ 2868-94. Безвідмовність, обслуговування, готовність систем обробки інформації. – К.: Держстандарт України, 1994.– 23 с.
96. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги.– К.: Держстандарт України, 1994.– 38 с.
97. Шербаков Н.С. Достоверность работы цифровых устройств. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
98. Байхельд Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: Пер. с нем. – Москва: Радио и связь, 1988. – 392 с.
99. Ершов. В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 432 с.: ил.
100. Meridian 1. Обзор системы. Стандартное издание: 553-3001-100, 2000. – 74 с.
101. Ключников И.Н. Выбор методов контроля и диагностирования для повышения эффективности функционирования информационно-управляющих систем // Системы обробки інформації. Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. – Выпуск 6(22) – С. 127 – 133.
102. Электронные цифровые АТС "Квант-Е" [Электрон. ресурс]. – Режим

доступа: <http://kvin.lv>.

103. Фергусон Дж., Макари М., Уилльямз П. Обслуживание микропроцессорных систем: Пер. с английского. – М.: Мир, 1989. – 336 с.
104. Рябинин И.А., Черкесов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. – М.: Радио и Связь, 1981. – 264 с.
105. Рогальский Ф.Б., Курилович Я.Е., Цокурено А.А. Математические методы анализа экономических систем. Книга 1. Теоретические основы. – Херсон: Херсонский государственный технический университет. 2001. – 436 с.
106. Рогальский Ф.Б., Цокурено А.А. Математические методы анализа экономических систем. Книга 2. Методы и алгоритмы трудноформализуемых задач. – Херсон: Херсонский государственный технический университет. 2001. – 424 с.
107. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗОВ. - М.: «Наука», 1986. – 544 с.
108. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: «Наука», 1974. – 832 с.
109. Musa J.D. Software Reliability. Measurement, Prediction, Application.– McGraw-Hill Company, 1987.– 395 p.
110. W. Kuo. Software Reliability Estimation: F Realization of Competing Risk / IEEE Transaction on Reliability, Vol. 23. NO. 2 September, pp. 249-260, 1983.
111. Липаев В.В. Обеспечения качества программных средств. Методы и стандарты. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 380 с.
112. Домнін Ф.А., Колибін Ю.М., Кравець В.О. та ін. Мікропроцесори, мікропроцесорні системи та ЕОМ. Навч. Посібник / За ред. Домніна Ф.А. – Харків: ХВУ, 2000. – 239 с.
113. Степаненко О.С. Настройка персонального компьютера. Установки BIOS. Самоучитель: М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 335 с.
114. Локазюк В.М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах. Посібник. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2002. – 367 с.

115. Лучшие утилиты для Windows [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru>.

116. Markov renewal theory. Markov renewal theory applied to performability evaluation / Fricks R., Telek M., Puliafito A., Trivedi K. // Annual Int. Symp. Fault Tolerant Computing (FTCS). – 1999. – №6. – P.15-48.

117. Оценка надежности программно-технических комплексов на основе многофрагментных марковских моделей / Е. Б. Одарущенко, О. Н. Одарущенко, А. В. Стороженко, П. Н. Гроза // Системи обробки інформації. Вип.10(38). – Харьков: Харківський військовий університет, 2001. – С.110-116.

118. Одарущенко О. Н. Многофрагментные марковские модели и их использование для оценки надежности обслуживаемых программно-технических комплексов // Сб. науч. труд. НАН Украины. ПАНУ. – 1997. – Вып.1(5). – С.102-105.

119. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.– М.: Наука, 1978.– 399 с.

120. Вентцель Е.С. Теория вероятностей.– М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1962.– 564 с.

121. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – Москва: Радио и связь, 1991.– 416 с.

122. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – Москва: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит. – 1991. (Физико-математическая библиотека инженера.) – 384 с.

123. Библиотека ПК №6 (Выбор и диагностика ПК) // Спецвыпуск COMPUTER-info. – Харьков, 2000. - 64 с.

124. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: “Сов. радио”, 1977. – 488 с.

125. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 432 с.

126. Кучерявый А.Е., Гильченко Л.З., Иванов А.Ю. Пакетная сеть связи общего пользования. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 272 с.

127. Вентцель Е.С. исследование операций: задачи, принципы, методология. – 2-е изд., стер. – Москва: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1988. – 208 с.

128. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В.В. Поповський, С.О. Сабурова, В.Ф. Олійник, Ю.І. Лосєв, Д.В. Агєєв та ін.: За загальною редакцією В.В. Поповського. – Харків: ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 564 с.

129. Харченко В. С., Асидех Ф. А., Лысенко И. В. Марковские модели готовности восстанавливаемых STRATUS-систем // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2004. – Вип. 4. – С. 216-226.

130. Канер С., Фолк Д., Нгуен Е.К. Тестирование программного обеспечения.– К.: ДиаСофт, 2000.– 554 с.

131. Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. Оценка надежности программного обеспечения.– СПб.: Наука, 1994.– 84 с.

132. Поночовный Ю.Л. Моделирование надежности программных средств информационных систем с учетом отказов, вызванных дефектами взаимодействия // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. №7 (19). – С. 171-174.

133. Поночовный Ю.Л. Определение параметров закона распределения времени между отказами восстанавливаемых обслуживаемых многопользовательских систем с учетом дефектов взаимодействия // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ. – 2004. – Вип. 10(38). – С. 166-174.