

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.21

Самкевич  
Юрий Анатольевич

Методы генерирования квазислучайных последовательностей

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное  
обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Ярмолик Вячеслав  
Николаевич  
д. т. н., профессор

Минск 2016

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Очень часто современные программные продукты разрабатываются в сжатые сроки и при ограниченных бюджетах проектов. Программирование сегодня перешло из разряда искусства, став при этом ремеслом для многих миллионов специалистов. Но, к сожалению, в такой спешке разработчики зачастую игнорирует необходимость обеспечения информационной безопасности и защищённости своих продуктов, подвергая тем самым пользователей своих продуктов неоправданному риску.

К тому же с ростом сложности программных систем возникает проблема обеспечения достаточного уровня надежности разрабатываемого ПО, ошибки в котором могут нанести серьезный экономический ущерб и привести к жизненно-опасным ситуациям. Современные технологии программирования не могут обеспечить эффективных методов безошибочного проектирования ПО. И в настоящее время на рынке нет удобных и эффективных продуктов для тестирования программ с использованием математических моделей, как нет и общепризнанных математических моделей для описания тех или иных программных систем.

Таким образом, на сегодняшний день остро встает проблема исчерпывающего тестирования. Архитектурные особенности современных программных продуктов, многообразие физических дефектов и ошибок требует наличия эффективных и производительных методов и алгоритмов тестирования. Одним из таких методов является метод квазислучайного тестирования, использующие в своей основе квазислучайные тестовые последовательности.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Цель и задачи исследования

*Целью* данной работы является обоснование применения квазислучайных последовательностей в области тестирования. Оптимизация существующих методов генерирования квазислучайных последовательностей для применения в тестировании вычислительных систем. Реализация, анализ и оценка алгоритмов генерирования квазислучайных последовательностей. Изучение возможности модификации реализованных алгоритмов для эффективного их применения в области тестирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Дать определения понятий неисправность, ошибка и неисправное поведение вычислительных систем.
2. Показать общность неисправностей для программной и аппаратной частей вычислительных систем.
3. Классифицировать обобщенные входные тестовые воздействия.
4. Проанализировать методы тестирования вычислительных систем по методике черного ящика.
5. Проанализировать математический аппарат, для генерирования квазислучайных последовательностей.
6. Предложить, новые практические модификации методов генерирования квазислучайных последовательностей.
7. Показать работоспособность представленных математических методов генерирования квазислучайных последовательностей, разработав программный модуль.
8. Экспериментальным путем показать эффективность использования модифицированных методов генерирования квазислучайных последовательностей.
9. Экспериментальным путем показать, эффективность применения квазислучайных последовательностей в области тестирования вычислительных систем.

*Объектом* исследования являются методы генерирования квазислучайных последовательностей.

*Предметом* исследования является изучение свойств модификаций методов генерирования квазислучайных последовательностей, а так же применение их в области тестирования аппаратных и программных вычислительных систем.

Практическая актуальность исследования связана с необходимостью

предоставления производительных методов и алгоритмов тестирования. Особенно актуальным является возможность использования методов квазислучайного тестирования, использующих в своей основе квазислучайные тестовые последовательности.

### **Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы » (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

### **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя В. Н. Ярмолика, заключается в формулировке целей и задач исследования.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на «51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР» (БГУИР, Минск, Беларусь, 2015) по направлению компьютерные системы и сети [1-А]; XII международная научно-практическая конференция «Управление информационными ресурсами» в секции 4 «Обеспечение безопасности инфраструктуры информационных ресурсов» (АУ при Президенте РБ, Минск, Беларусь, 2015) [2-А].

### **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы, из них 1 работа в материалах конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР и 1 работа в сборнике трудов и материалов международной конференции.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора.

В первой главе представлен анализ предметной области, рассматриваются базовые понятия в области тестирования. Анализируются причинно-следственные связи при возникновении неисправностей вычислительных систем. Проведен анализ методов тестирования вычислительных систем по методике черного ящика, показывается эффективность использования квазислучайного тестирования.

Вторая глава представляет собой обзор математических моделей, методов и алгоритмов формирования квазислучайных тестовых воздействий. Данная глава содержит описание основных математических идей, являющихся основой алгоритмов генерирования квазислучайных последовательностей, а также сравнительную характеристику и предварительную оценку каждого из подходов.

В третьей главе описаны эксперименты, проведенные над различными модификациями методов генерирования квазислучайных последовательностей. Представлены результаты сравнения производительности методов. Приведены результаты экспериментальных исследований моделирования нахождения неисправностей с различными исходными параметрами.

Общий объем работы составляет 60 страниц, из которых основного текста – 45 страниц, 20 рисунков на 7 страницах, 17 таблиц, список использованных источников из 27 наименований на 2 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка состоит из 4 основных разделов.

Во **введении** была обоснована актуальность темы диссертационной работы, Определена область и указаны основные направления исследований. Обозначена практическая ценность работы

В **первой главе** проводится анализ предметной области.

В разделе 1.1 даются определения понятий неисправность, ошибка и неисправное поведение вычислительных систем, показывается их общность для программной и аппаратной частей вычислительных систем.

В разделе 1.2 представлена классификация обобщенных входных тестовых воздействий на три категории: точечные тестовые наборы, узкополосные тестовые наборы и блочные тестовые наборы.

В разделе 1.3 выполнен аналитический обзор моделей неисправностей запоминающих устройств.

В разделе 1.4 проведен подробный аналитический обзор методов

тестирования вычислительных систем. Выделены достоинства и недостатки каждого из рассмотренных методов тестирования. Обозначена актуальность квазислучайного тестирования.

Во **второй главе** «Математические модели» были подробно рассмотрены основные леммы и математический аппарат, на основе которого генерируются последовательности квазислучайных чисел. В разделе 2.1 дается определение раномерно распределенных последовательностей чисел.

В разделе 2.2 дается определение квазислучайной последовательности, обозначаются ее характеристики.

В разделе 2.3 приводится описание математической модели последовательностей Корпута. Приводятся основные достоинства и недостатки данной последовательности квазислучайных чисел.

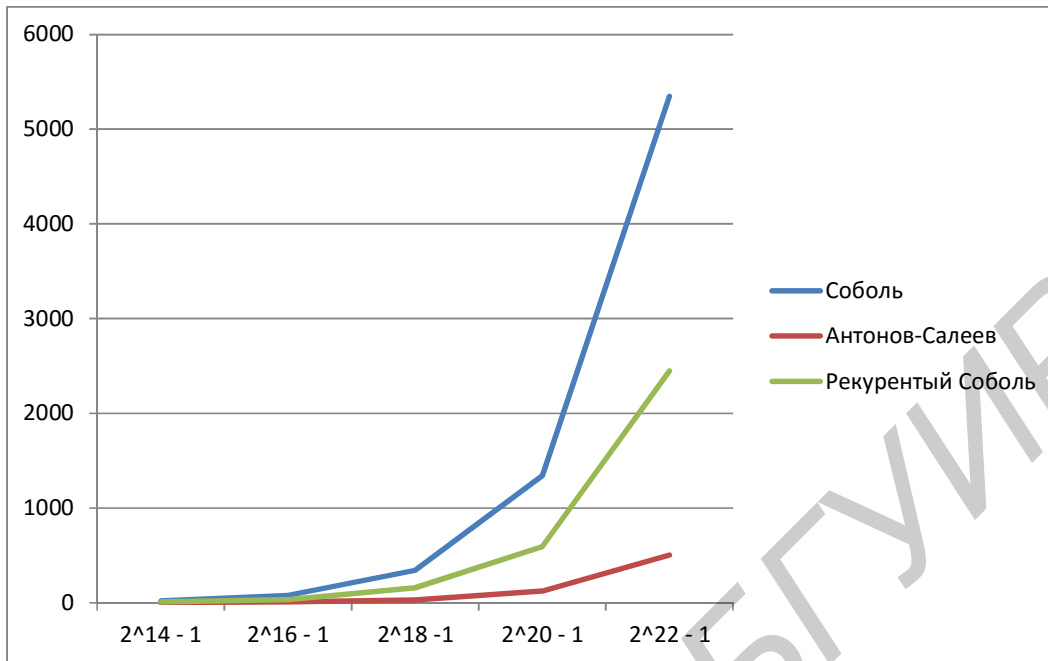
В разделе 2.4 приводится описание математической модели последовательностей Халтона. Приводятся основные достоинства и недостатки данной последовательности квазислучайных чисел.

В разделе 2.5 описана математическая модель квазислучайных последовательностей Соболя. Приводится анализ математической модели, обозначаются основные преимущества и недостатки.

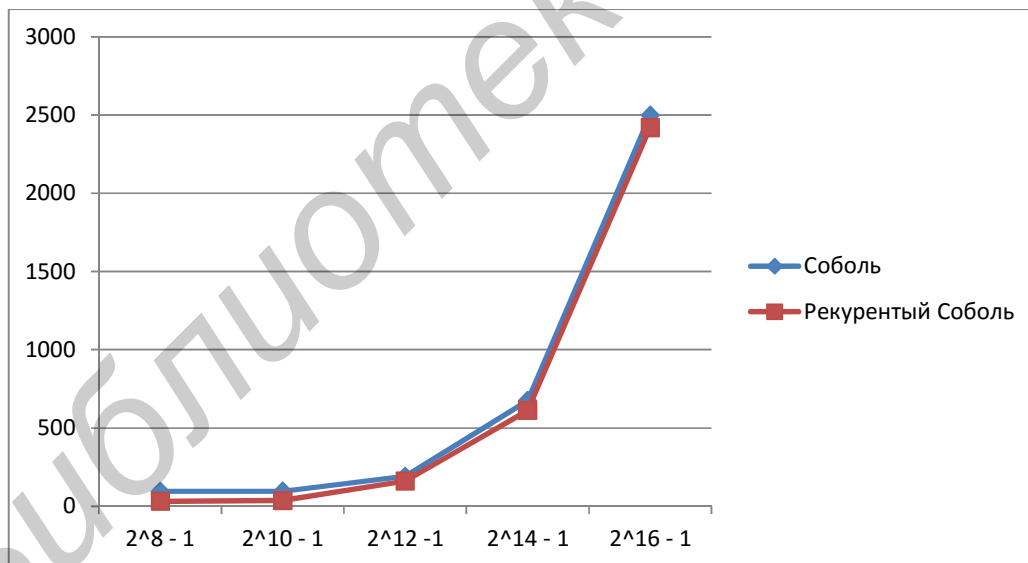
В разделе 2.6 анализируются и предлагаются методы формирования модифицированных последовательностей Соболя. Для каждого метода приводится его характеристика, выделяются преимущества и недостатки.

В **третьей главе** описываются эксперименты, проведенные над методами генерирования квазислучайных последовательностей. В разделе 3.1 производится оценка эффективности методов генерирования квазислучайных последовательностей. Приводятся результаты испытаний эффективности реализованных алгоритмов. Критерием оценки эффективности является время генерирования последовательности заданной длины. В качестве тестируемых методов были выбраны 3 алгоритма генерирования квазислучайных последовательностей Соболя: оригинальный метод Соболя, модификация Антонова-Салеева, а так же авторская модификация, далее называемая как рекуррентный алгоритм Соболя. Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

Так же проводится оценка эффективности разработанных параллельных модификаций алгоритмов. Критерием оценки производительности являлось время генерирования последовательности заданной длины. Как и в случае с последовательными алгоритмами, при сравнении эффективности параллельных алгоритмов учитывалось время генерирования последовательностей 5-и различных длин. Результаты анализа представлены на рисунке 2.



**Рисунок 1 – Сравнительная характеристика скорости работы методов генерирования квазислучайной последовательности**



**Рисунок 2 – Сравнительная характеристика скорости работы параллельных алгоритмов генерирования квазислучайной последовательности**

В разделе 3.2 исследуется эффективность применения квазислучайных последовательностей в области тестирования вычислительных систем.

Испытания проводятся над тремя видами тестовых моделей: точечной, узкополосной и блочной. Рассматриваются два случая формирования тестовых последовательностей, а именно псевдослучайные адресные последовательности и квазислучайные двухмерные последовательности Халтона и Соболя. Критерием оценки эффективности является длина сгенерированной последовательности до обнаружения первой неисправности (F-measure). Другой мерой оценки эффективности последовательностей является факт нахождения ожидаемого количества неисправностей (E-measure). Результаты относительных показателей длин квазислучайных тестовых последовательностей к длине псевдослучайной тестовой последовательности, применительно к блочной тестовой модели, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Относительные показатели длины квазислучайных последовательностей к длине псевдослучайной последовательности

Размер неисправной области	Послед. Халтон, (%)	Послед. Соболя, (%)
0.01	29.01935244	21.51563082
0.005	28.22596658	9.716903526
0.002	86.45663977	9.421849049
0.001	91.00656139	51.06486917
0.0005	87.87059921	58.62151114
Среднее:	64.51582388	30.06815274
Макс:	91.00656139	58.62151114
Мин:	28.22596658	9.421849049

Данные экспериментов показывают существенное уменьшение длины квазислучайной тестовой последовательности. Применительно ко всем тестовым моделям длина теста в среднем уменьшается на величины от 40 до 72% по отношению к псевдослучайным тестовым последовательностям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

В результате написания работы над магистерской диссертацией были получены следующие результаты:

1. Даны определения понятий неисправность, ошибка и



неисправное поведение вычислительных систем. Показаны их общность для программной и аппаратной частей вычислительных систем.

2. Представлена классификация обобщенных входных тестовых воздействий на три категории: точечные тестовые наборы, узкополосные тестовые наборы и блочные тестовые наборы. Проанализированы методы тестирования вычислительных систем.
3. Проанализирован математический аппарат методов генерирования квазислучайных последовательностей. Предложены и реализованы новые модификации методов генерирования квазислучайных последовательностей Соболя. Была математически обоснована и практически доказана эффективность применения данных методов в практических целях.
4. Экспериментальным путем была доказана эффективность применения квазислучайных последовательностей в области тестирования вычислительных систем. Результаты экспериментов показали, что применительно ко всем тестовым моделям длина квазислучайной тестовой последовательности в среднем уменьшается на величины от 40 до 72% по отношению к псевдослучайным тестовым последовательностям.

Основные результаты проделанной в рамках магистерской диссертации работы были представлены на «51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР» по направлению компьютерные системы и сети [1-А], а также на XII международной научно-практической конференции «Управление информационными ресурсами» в секции 4 «Защита информационных ресурсов» [2-А].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Полученные результаты формируют отличную теоретическую базу для изучения механизмов работы методов генерирования квазислучайных последовательностей.
2. Разработанные алгоритмы могут быть применены в области эффективного тестирования программных и аппаратных составляющих вычислительных систем.
3. Полученные экспериментальные данные могут послужить основой для дальнейших исследований в области квазислучайного тестирования, намечены пути развития представленных алгоритмов.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Самкевич, Ю.А. Методы генерирования квазислучайных тестовых последовательностей / Ю.А. Самкевич, В.Н. Ярмолик // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 4: Компьютерные системы и сети: Тезисы докл. – Минск : БГУИР, 2015. – с. 64 -65.

2-А. Самкевич, Ю.А. Квазислучайное тестирование информационных систем / Ю.А. Самкевич// XII международная научно-практическая конференция «Управление информационными ресурсами». Секция 4: Обеспечение безопасности инфраструктуры информационных ресурсов: Тезисы докл. – Минск: АУ при Президенте РБ, 2015. – с. 209-211