

Магистерская диссертация:
Оптимизация тестирования и оценка качества аппаратно-
программного измерительного комплекса Measurement
System for Technical Applications (АПИК МСТА)

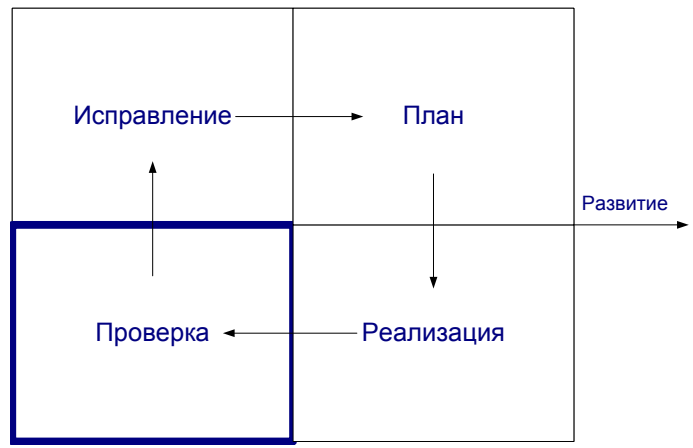
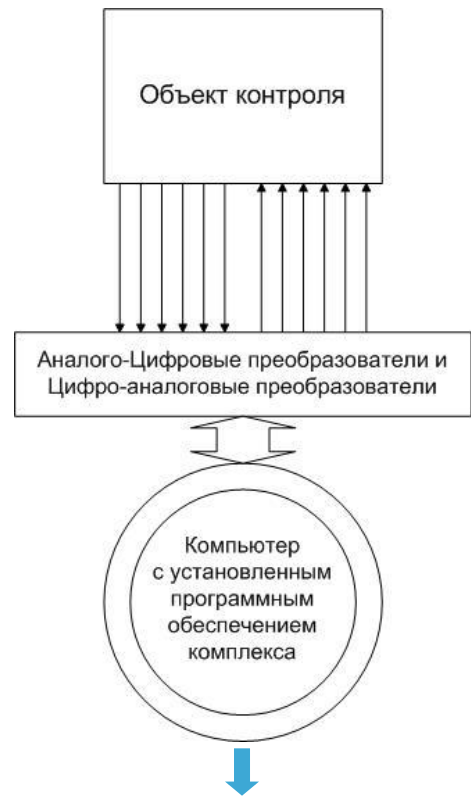
Автор: Учуваткин Михаил

Научный руководитель: Шахнов В. А.

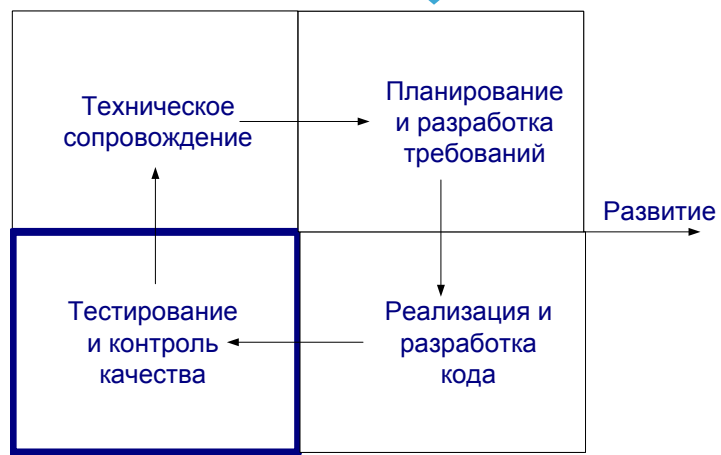
Цель работы: Оптимизация тестирования программного обеспечения, с помощью выбора оптимальной модели тестирования, сокращения затрат на регрессионное тестирование, а также улучшения качества за счет повышения доли ошибок, найденных до этапа эксплуатации ПО с помощью мониторинга показателей качества.

Постановка задачи

1. Выбор оптимальной модели тестирования.
2. Разработка процессов тестирования ПО и контроля качества, наиболее удовлетворяющих выбранной модели тестирования ПО.
3. Оптимизация процесса регрессионного тестирования. Решение задачи минимизации ресурсозатрат на регрессионное тестирование с условием обеспечения заданного качества ПО.
4. Повышение качества программного обеспечения за счет повышения доли ошибок, найденных до этапа эксплуатации ПО с помощью мониторинга показателей качества.
5. Апробация результатов исследования на ПО АПИК MSTA.



Классический цикл PDCA (Plan, Do, Check, Act)



Цикл PDCA применительно к программному обеспечению АПИК MSTA

Актуальность проблемы оптимизации тестирования программного обеспечения (ПО)

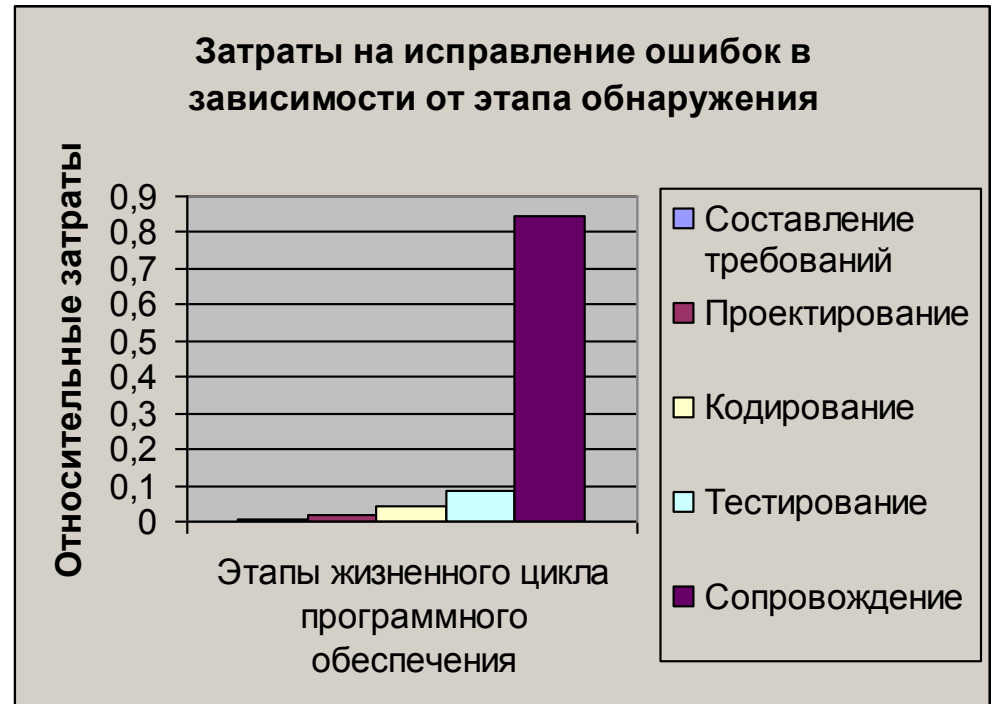
Применение правила Парето: 80% Затрат на исправление ошибок приходится на последние 20% жизненного цикла

Задача недопущения попадания ошибок на этап Сопровождения/Эксплуатации является экономически важной

Оптимизация тестирования с точки зрения затрат на него, также направлена на решение данной задачи, так как в случае необходимости (найдена критичная ошибка) может быть проведено повторное тестирование без срыва сроков.

Программное обеспечение в ходе жизненного цикла проходит следующие этапы:

- Планирование и составление требований.
- Проектирование.
- Кодирование.
- Тестирование.
- Внедрение / Сопровождение.



Выбор оптимальной модели тестирования

В рамках выбора оптимальной модели тестирования решены следующие исследовательские задачи:

1. Произведена классификация ПО по следующим критериям:
 - по назначению,
 - по типу организации информационных моделей,
 - по уровню требований, предъявляемых к испытаниям средств измерения,Определено место исследуемого ПО в данных классификациях.
 2. Изучен функционал и особенности архитектуры аппаратно-программного измерительного комплекса MSTA. Определены основные атрибуты ПО для возможности последующего выбора модели тестирования на основании их.
 3. Исследованы модели тестирования, разработаны критерии выбора оптимальной моделей тестирования.
- Результатом данной части работ является выбор модели тестирования для ПО АПИК MSTA.

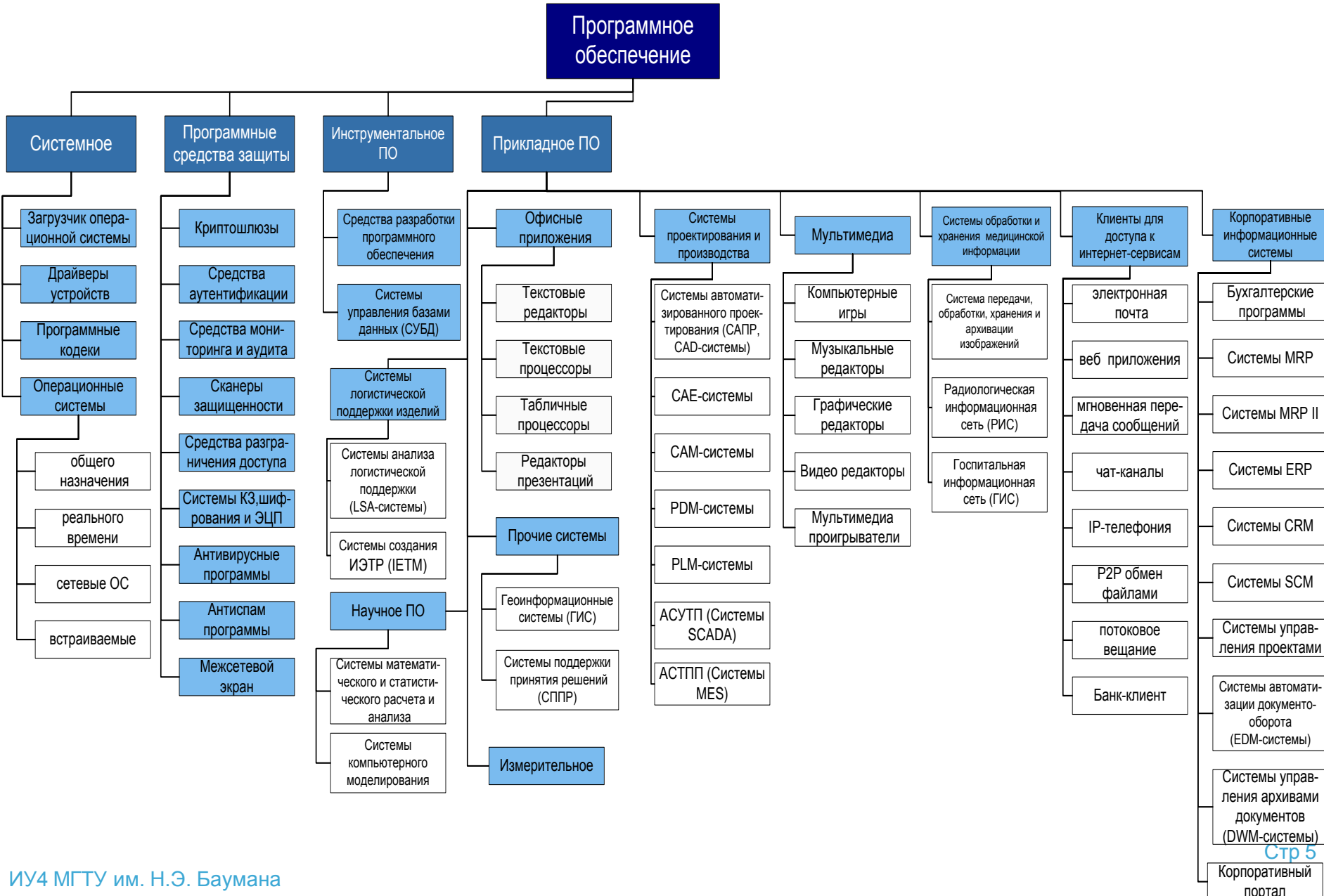


Алгоритм оптимизации тестирования



Алгоритм выбора оптимальной модели тестирования

Общая классификация программных решений по назначению



Назначение исследуемого АПИК МСТА и его схема

Примеры использования АПИК МСТА:

- анализ электромагнитных полей роторных и статорных обмоток / стержней

Назначение: Контроль коротких замыканий больших электрических машин

- вибрационный мониторинг машин и оборудования

Назначение: обнаружение изменений вибрационного состояния контролируемого объекта в процессе эксплуатации

- вибрационная диагностика

Назначение: обнаружение изменений и прогноз развития технического состояния каждого из элементов объекта, для которого существует реальная вероятность отказа в период между ремонтами

- балансировка роторов по вибрации

Назначение: уравнивание ротора и, тем самым, снижение низкочастотной вибрации машины

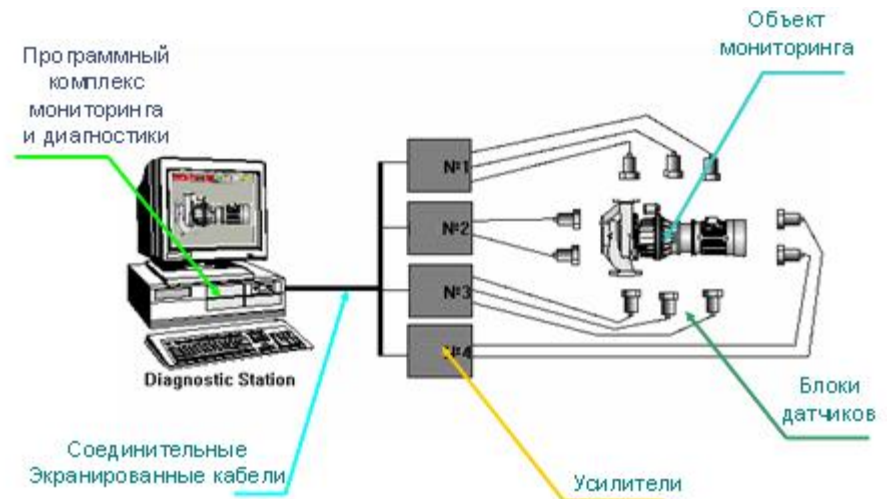
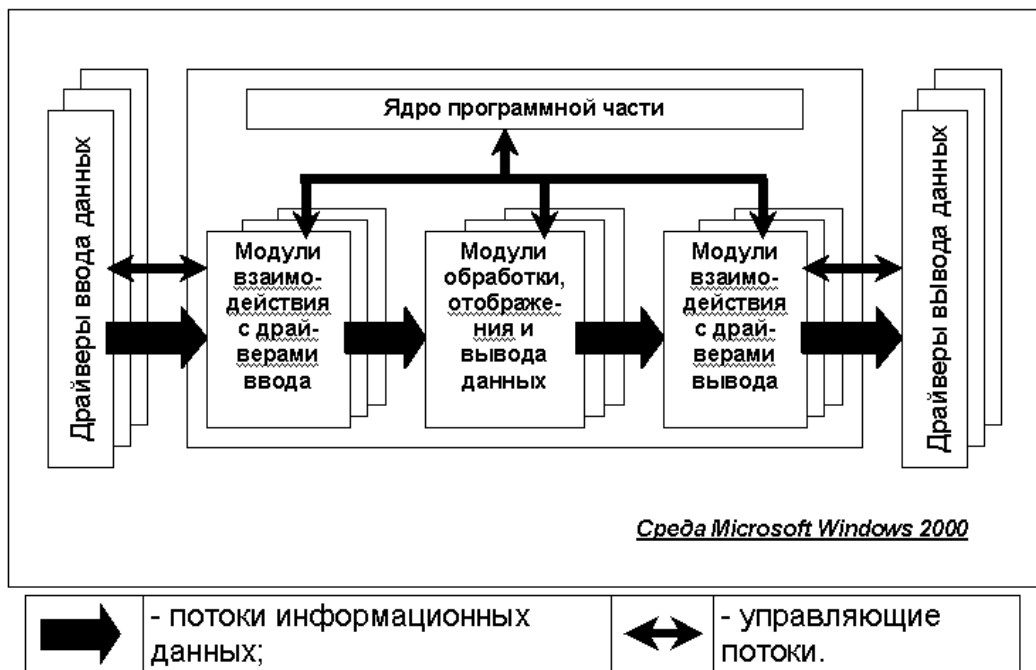


Схема построения измерительного комплекса

Программная подсистема. Функциональная схема ПО

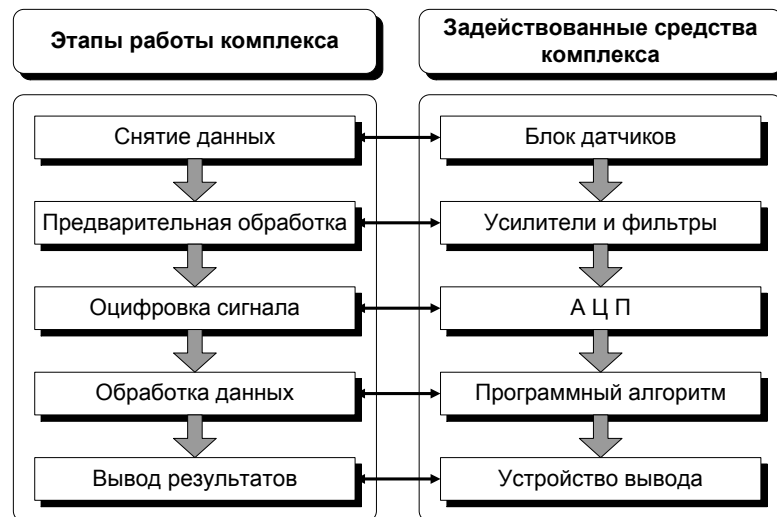


Программная подсистема АПИК МСТА

Реализация предложенной модели модульного построения комплекса выполнена с использованием COM технологии (Component Object Model) в реализации компании Microsoft (Win32 API).

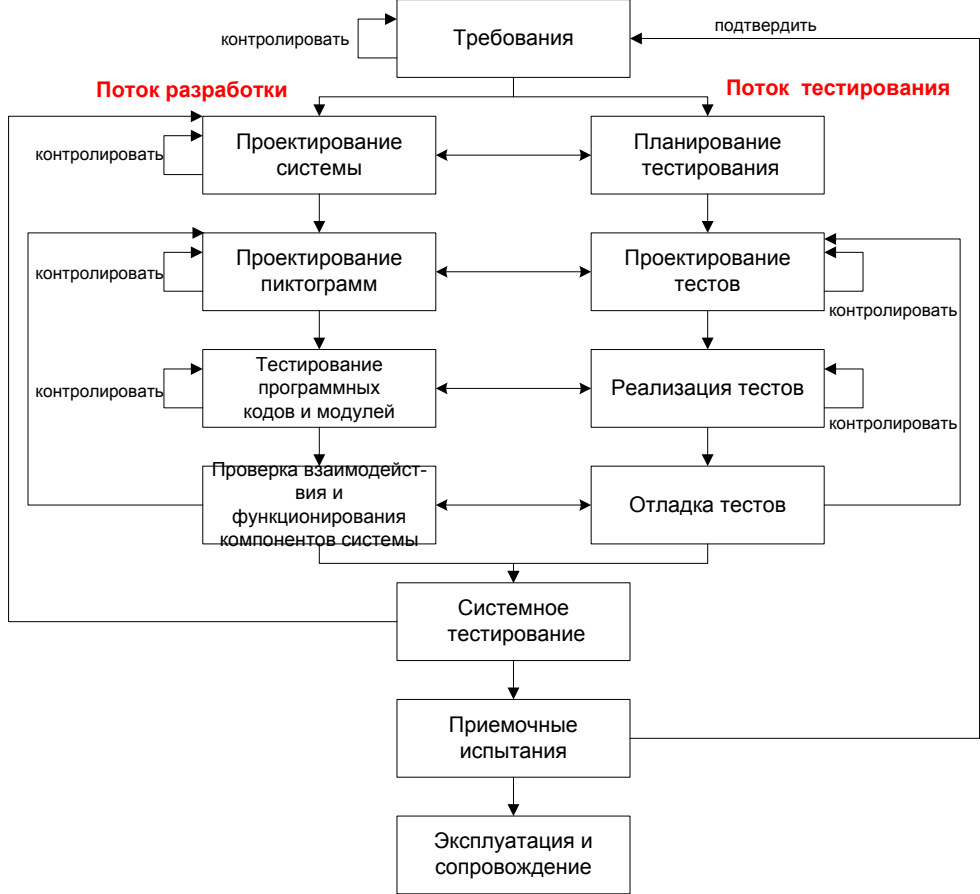
Под модулями на схеме понимается отдельно разработанный модуль программы подключаемый определенным образом к комплексу

Функциональная схема ПО АПИК МСТА



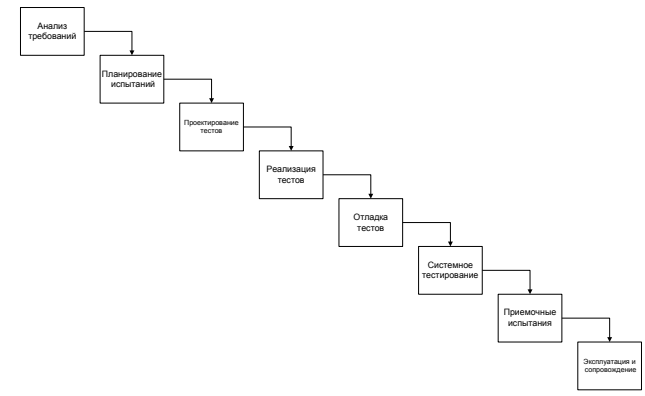
Исследование моделей тестирования

Инкрементарная модель

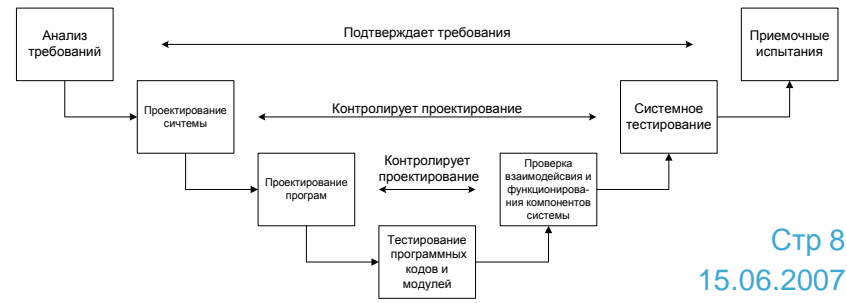


В рамках работы исследованы 6 моделей тестирования, 3 наиболее подходящие для ПО АПИК MSTA представлены на слайде

Каскадная модель



V-образная модель



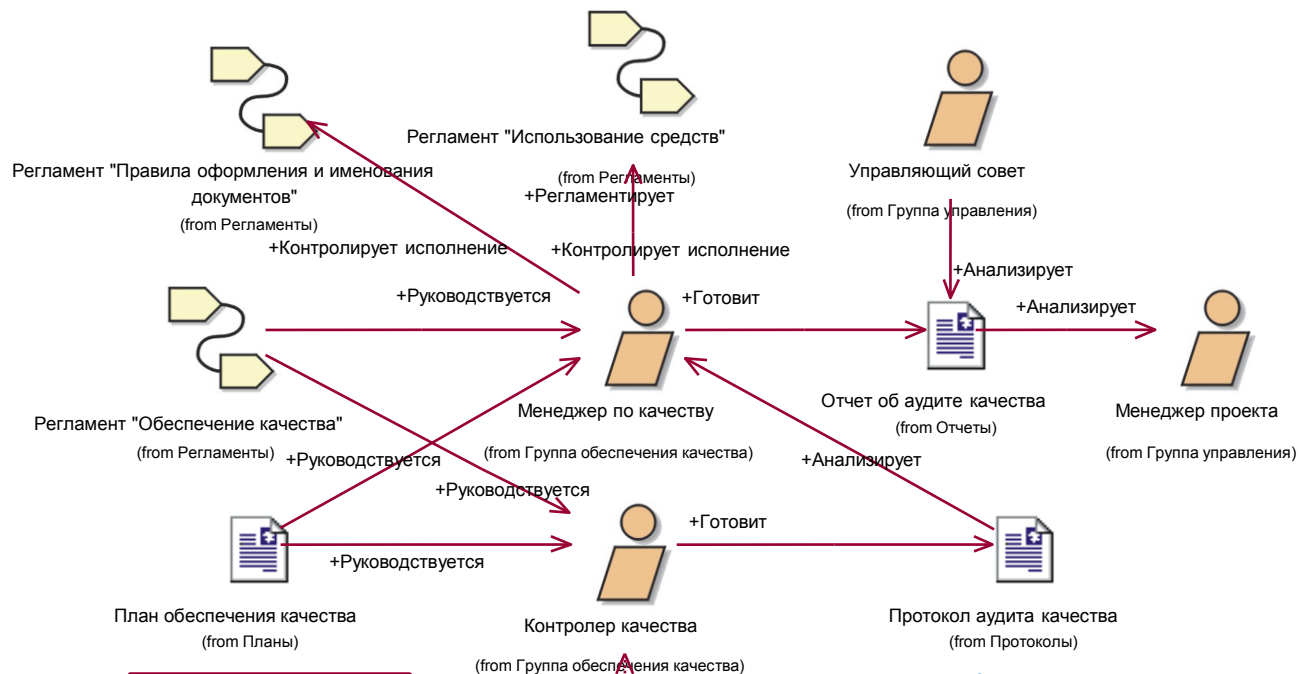
Инкрементарная модель была выбрана в качестве оптимальной для АПИК MSTA на основании 32 критериев.
ИУ4 МГТУ им. Н.Э. Баумана

Предлагаемые рекомендации по организации процесса тестирования



Группа тестирования

Предлагаемые рекомендации по организации процесса контроля качества



Анализирует на соответствие стандартам и регламентам

Проектные процессы (from Logical View)

В процессе обеспечения качества участвуют следующие роли: Менеджер проекта, Управляющий совет, Менеджер по качеству, Контролер качества.

На основании Регламента «Обеспечения качества» и Плана обеспечения качества менеджер по качеству подготавливает следующие документы: регламент «Правила оформления и именования документов», Регламент «Использования средств» и отчет об аудите качества.

Контролер качества Анализирует на соответствие стандартам и регламентам, а также проектным процессам и подготавливает протокол аудита качества, который в дальнейшем используется менеджером по качеству.

Решение задачи оптимизации регрессионного тестирования при заданном уровне качества

График зависимости риска изготовителя от мощности выборки $\alpha(n) = 1 - \sum_{d=0}^c \frac{(nQ_u)^d}{d!} \cdot e^{-nQ_u}$

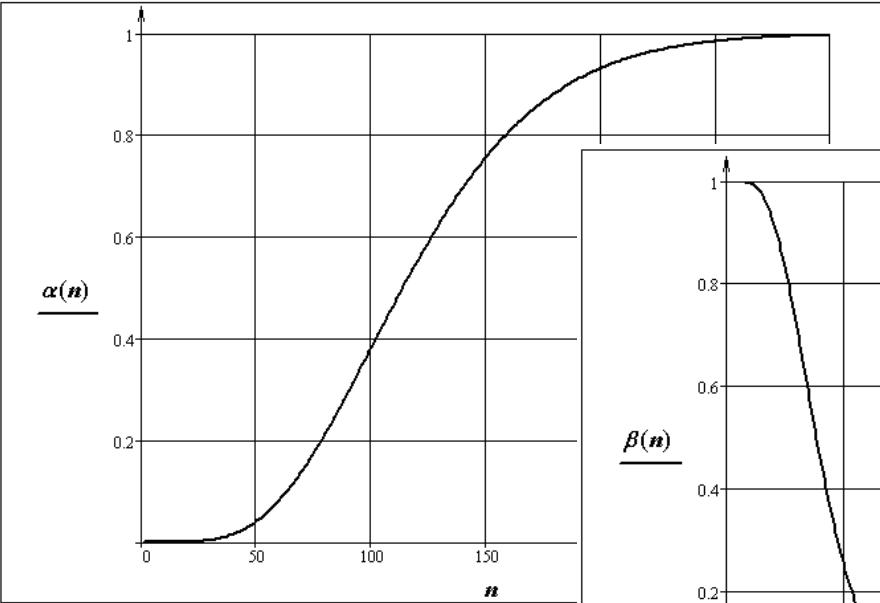
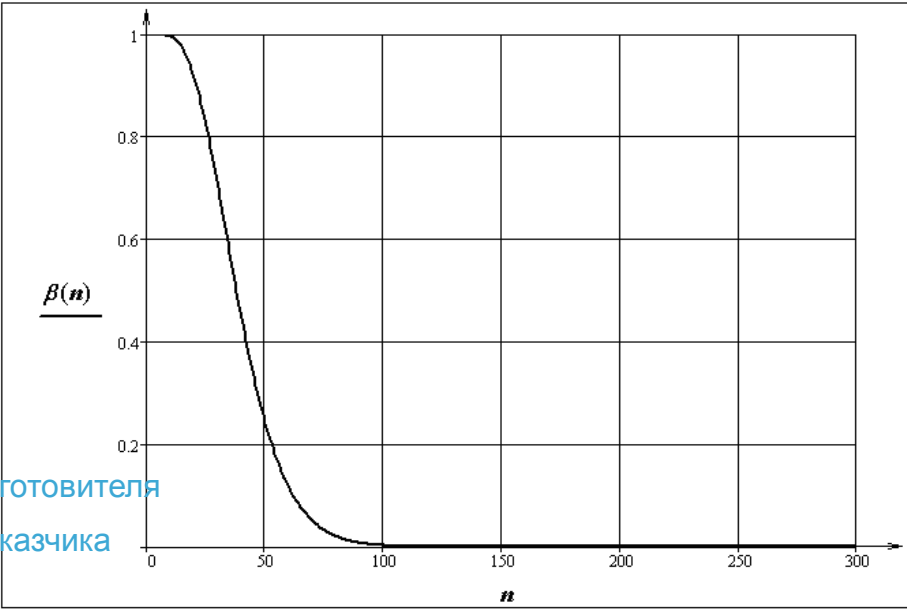


График зависимости риска заказчика от мощности выборки $\beta(n) = \sum_{d=0}^c \frac{(nQ_z)^d}{d!} \cdot e^{-nQ_z}$



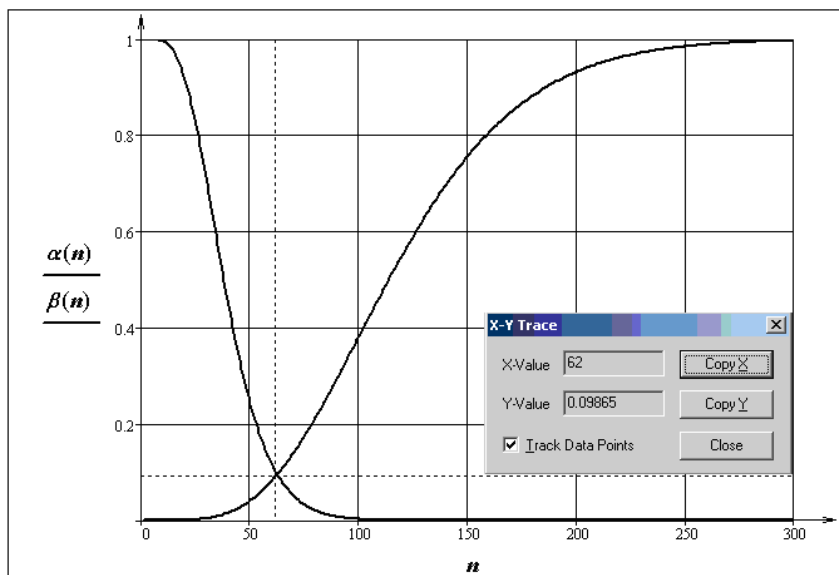
- Q_u -вероятность ошибки со стороны изготовителя
 - Q_z -вероятность ошибки со стороны заказчика
 - c -норматив приемки
 - n -мощность выборки
- $Q_z = 0.05$
 $Q_u = 0.15$
 $c = 5$



Решение задачи оптимизации регрессионного тестирования при заданном уровне качества (продолжение)

Проверка повторения ошибок предыдущих версий. При большой истории все проверки выполнить невозможно, поэтому, как правило, они выполняются выборочно.

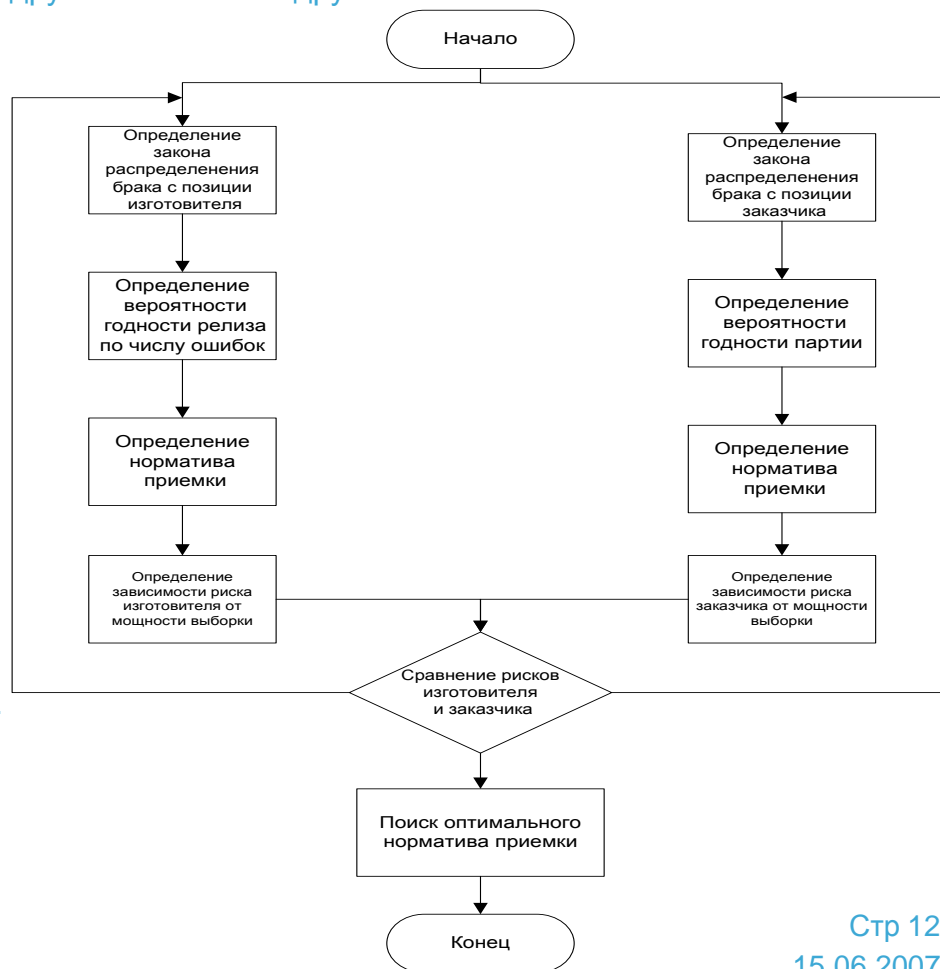
В качестве объектов регрессионного контроля программного обеспечения АПИК может выступать набор функциональностей (определенные действия, выполняемые программой) при учете того, что в них не вносились изменения и эти функциональности являются независимыми друг относительно друга.



В результате решения задачи регрессионного тестирования были получены значения параметров, которыми необходимо руководствоваться при проведении регрессионного контроля.

$n = 62$ - необходимая мощность выборки

$c = 5$ - норматив приемки



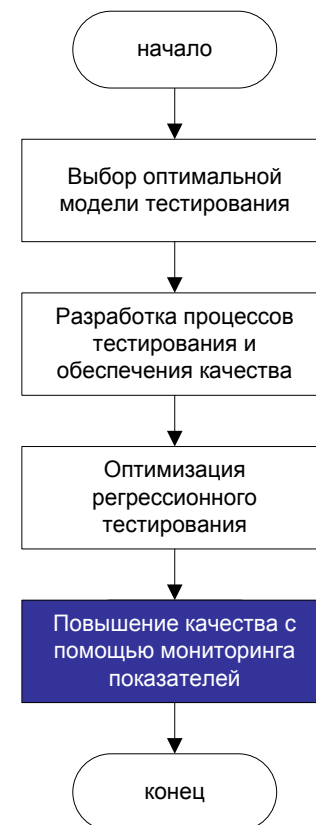
Расчет и мониторинг показателей качества

В качестве основных данных для расчета показателей качества выбраны

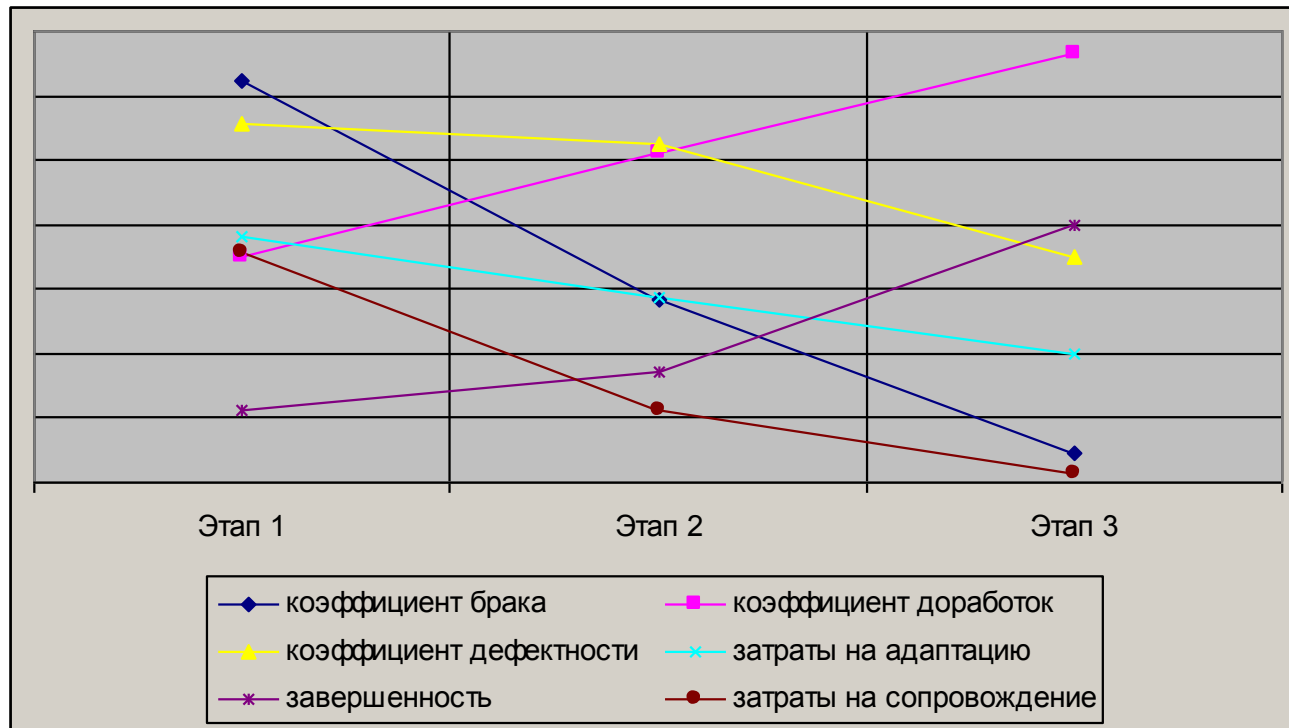
- Запросы на внесение изменений (SCO)
- Строки исходного кода (SLOC)
- Объем трудозатрат на выполнение работ по внесению изменений в код

Показатели качества

Метрика	Определение
Коэффициент брака	$B/SLOC_T$, процент дефектности продукта
Коэффициент доработок	$E/Работа$ по разработке, процент доработок
Коэффициент дефектности	B/N , среднее количество дефектов на один SCO
Затраты на адаптацию	E/N средний объем работы на один SCO
Завершенность	$UT/(SCO_0 + SCO_1)$, среднее время между двумя дефектами
Затраты на сопровождение	$(\text{Коэффициент брака})/(\text{Коэффициент доработок})$, продуктивность сопровождения



Результаты расчета показателей качества ПО АПИК МTSA



Полученные результаты соответствуют оптимальному варианту создания ПО, когда коэффициент брака, коэффициент дефектности, затраты на адаптацию и затраты на сопровождение снижаются с ростом числа этапов разработки, коэффициент доработок и завершенность, напротив, растут.

Результаты расчета показателей этапов тестирования ПО АПИК МTSA

Наименование показателя	Этап 1	Этап 2	Этап 3
коэффициент брака	0,06237	0,028226	0,004679
коэффициент доработок	0,35057	0,511111	0,666667
коэффициент дефектности	5,5625	5,25	3,5
адаптируемость	3,8125	2,875	2
завершенность	11,1667	17	40
сопровождаемость	0,1779	0,055224	0,007019

Выводы

1. Разработана классификация ПО по назначению, по типу организации информационных моделей, по уровню требований, предъявляемых к испытаниям средств измерения.
2. Исследованы 6 основных моделей тестирования ПО, определены сильные и слабые стороны каждой из моделей. На основании данного исследования разработаны критерии для определения оптимальной модели тестирования ПО, которые в дальнейшем применялись для АПИК MSTA.
3. На основании разработанных критериев для АПИК MSTA выбрана инкрементарная модель тестирования.
4. Разработаны бизнес-процессы тестирования ПО, наиболее удовлетворяющих выбранной инкрементарной модели тестирования ПО.
5. Приведены примеры оптимизации процесса регрессионного тестирования. Решена задача минимизации ресурсозатрат на регрессионное тестирование с условием обеспечения заданного качества ПО. Разработан алгоритм решения задачи оптимизации регрессионного тестирования ПО.
6. Приведены примеры оптимизации процесса тестирования за счет повышения доли ошибок, найденных до этапа эксплуатации ПО на основании рассчитываемых показателей качества.
7. Проведена апробация работы, приведены результаты проведенных экспериментов. Затраты на регрессионное тестирование снижены на 39ч за счет уменьшения количества тестов при сохранении заданного уровня качества ПО. Количество ошибок, выявленных на этапе эксплуатации последующих версий ПО снижено на 161ч за счет использования показателей завершенности ПО и готовности к эксплуатации.

Реализация разработанного программного продукта

```

data - Notepad
File Edit Format View Help
2      1      0
4      2      1
10     5      2
0      0      0
16     8      2
89     42     7
80     27     7
61     23     4
67     51     40
174    45     6

list<kdata> data;
while( !feof(src) )
{
    char buf[1024];
    if( !fgets(buf,1024,src) ) break; //
    int len=strlen( buf );
    if( len==0 ) continue;

    kdata d;
    char tmp[128];
    sscanf( buf, "%d %s", &d.k,tmp );
    d.data=tmp;
    //if( buf[len-1]!='\n' ) buf[len-1]=0;
    data.push_back( d );
}
fclose( src );

list<string> data1;
while( !feof(src1) )
{
    char buf[1024];
    if( !fgets(buf,1024,src1) ) break; //
    int len=strlen( buf );
    if( len==0 ) continue;
    if( buf[len-1]!='\n' ) buf[len-1]=0;
    data1.push_back( buf );
}
fclose( src1 );
    
```

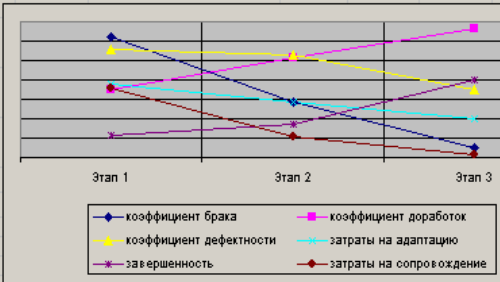
Препроцессор реализован в виде текстового редактора

Процессор реализован на языке C++ в Visual Studio 6.0

Постпроцессор реализован с помощью Microsoft Excel

Вид собираемой статистики	Аббревиатура	Этап 1	Этап 2	Этап 3
Общее число SLOC	SLOCt	1427	1488	1496
Конфигурированные SLOC	SLOCc	1213	1248	1255
Критичные дефекты	SCO0	2	1	0
Обычные дефекты	SCO1	4	2	1
Усовершенствования	SCO2	10	5	2
Новые возможности	SCO3	0	0	0
Общее число SCO	N	16	8	2
Открытые доработки (брак) (в строчках кода)	B	89	42	7
Закрытые доработки (исправления)	F	80	27	7
Объем работ, связанных с доработками (в часах)	E	61	23	4
Время использования (в часах)	UT	67	51	40
Затраты на разработку (в	T	174	45	6

Наименование показателя	Этап 1	Этап 2	Этап 3
коэффициент брака	0,06237	0,028226	0,004679
коэффициент доработок	0,35057	0,511111	0,666667
коэффициент дефектности	5,5625	5,25	3,5
адаптируемость	3,8125	2,875	2
завершенность	11,1667	17	40
сопровождаемость	0,1779	0,055224	0,007019



коэффициент брака	0,062368605	0,028226	0,004679	6,236861	2,822581	0,467914
коэффициент доработок	0,350574713	0,511111	0,666667	3,505747	5,111111	6,666667
коэффициент дефектности	5,5625	5,25	3,5	5,5625	5,25	3,5
затраты на адаптацию	3,8125	2,875	2	3,8125	2,875	2
завершенность	11,16666667	17	40	1,116667	1,7	4
затраты на сопровождение	0,177903891	0,055224	0,007019	3,558078	1,104488	0,140374

Апробация работы

Результаты работы были докладывались:

- на Конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2003» (Россия, Москва, апрель 2003),
- на Открытом конкурсе «ОАО Мосэнерго на лучшую дипломную работу 2003» (Россия, Москва, апрель 2003),
- на Открытом конкурсе 2002 года на лучшую научную студенческую работу по естественным, техническим и гуманитарным наукам в ВУЗах Российской Федерации (Россия, Москва, ноябрь 2002),
- на Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых и студентов «Современные проблемы радиоэлектроники» (Россия, Красноярск, май 2007),
- на Конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2007» (Россия, Москва, апрель 2007).

Работы были удостоены следующих наград:

- Диплом по итогам «Открытого конкурса 2002 года на лучшую студенческую работу по естественным, техническим и гуманитарным наукам в ВУЗах Российской Федерации»;
- Диплом первого места «Открытого конкурса ОАО «Мосэнерго» на лучший дипломный проект студентов ВУЗов г. Москвы в номинации «Разработка, позволяющая повысить износостойкость и долговечность оборудования, узлов и агрегатов в энергетике».

Результаты работы представлены в 5 публикациях.

