

**На правах рукописи**

**СКРЯБИН Алексей Михайлович**

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АДАПТИРУЕМОГО  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭВМ  
НА ОСНОВЕ СИСТЕМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА**

**Специальность 05.13.11 – Математическое и программное  
обеспечение вычислительных машин, комплексов и  
компьютерных сетей**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Уфа 2008**

Работа выполнена на кафедре вычислительной техники и защиты информации  
Уфимского государственного авиационного технического университета

<b>Научный руководитель</b>	д-р техн. наук, проф. <b>ФРИД Аркадий Исаакович</b>
<b>Официальные оппоненты</b>	д-р техн. наук, проф. <b>КУЛИКОВ Геннадий Григорьевич</b> канд. техн. наук <b>АХМЕТОВ Марат Искандарович</b>
<b>Ведущая организация</b>	ООО Научно-производственная фирма «Датакрат-Е», г. Екатеринбург

Защита состоится 25 декабря 2008 г. в 14 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.07  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан 24 ноября 2008 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.

**С. С. Валеев**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Управляющие ЭВМ (УЭВМ) представляют собой широкий класс ЭВМ, используемых в системах управления различными объектами. Программное обеспечение (ПО) УЭВМ призвано выполнять набор функций, определенный при ее проектировании. Однако, со временем характеристики объекта управления, а также условия и задачи функционирования УЭВМ могут меняться. Это приводит к необходимости замены или модернизации программного обеспечения. Модернизация программного обеспечения направлена, как правило, на расширение поддерживаемой управляющей ЭВМ функциональности и приспособление ее к постоянно изменяющимся условиям функционирования.

Современное ПО УЭВМ является, как правило, адаптируемым (АПО), что подразумевает не только изменение значений внутренних переменных ПО, но и модификацию структур данных и алгоритмов функционирования. Адаптация достигается путем его модернизации за счет использования технологий композиционной адаптации.

Усовершенствование готового, действующего программного продукта предпочтительней разработки нового. Оно достигается за счет модернизации ПО, целью которой может являться смена алгоритма управления либо замена существующей реализации алгоритма.

Одним из примеров усовершенствования ПО УЭВМ является модернизация адаптируемых программ управления для электронных систем управления двигателем (ЭСУД) внутреннего сгорания. Как известно, при использовании различных модификаций базового ПО ЭСУД может быть достигнуто:

- уменьшение времени запуска двигателя при низких температурах;
- уменьшение среднего расхода топлива на 5-7%;
- увеличение крутящего момента на коленчатом вале двигателя на 2-3%;
- адаптация двигателя к использованию на альтернативных видах топлива.

Данный пример, как и многие другие, показывает, что обновление АПО УЭВМ позволяет улучшать характеристики ее использования, а также добавлять новые возможности и услуги.

Важнейшей характеристикой УЭВМ, функционирующих в условиях неопределенности, является надежность, которая в значительной мере обусловлена надежностью ее ПО. Необходимость поддержания на должном уровне характеристик надежности требует применения методов контроля и диагностики ПО в процессе функционирования УЭВМ. Различным аспектам надежности, контроля и диагностики ПО посвящены работы таких ученых как Авиженис А., Майерс Г., Липаев В.В., Кобб Г., Браун К., Смагин В.А., Соммервил И., Терехов А.Н., Иыуду К.А. и других.

Повышение сложности управляемых объектов и неопределенности условий их функционирования приводит к тому, что процесс отладки модифицированного ПО целесообразно проводить непосредственно в реальных

условиях. Это можно объяснить тем, что не все реальные условия функционирования УЭВМ могут быть учтены при моделировании, что, как правило, приводит к внесению ошибок в модернизируемое ПО. Внесенные ошибки в дальнейшем обнаруживаются уже при пробной эксплуатации, что приводит к простоям в работе УЭВМ и негативному воздействию некорректного программного обеспечения на управляемый объект. Таким образом, одним из перспективных направлений в разработке ПО УЭВМ является интеграция процессов тестирования модифицированного ПО и его эксплуатации.

Интенсивное развитие современных технологий программной инженерии, методов композиционной адаптации ПО требует постоянного решения вновь возникающих задач, таких как обеспечение надежности АПО, сокращение простоев в работе УЭВМ при модернизации, уменьшение количества вносимых ошибок в модифицированное АПО, автоматизация процесса контроля и диагностики АПО. Однако данные задачи либо не были решены, либо были решены недостаточно полно.

Таким образом, актуальной является задача повышения качества АПО в части его надежности в процессе модернизации. Данная задача может быть решена посредством создания алгоритмов, и на их основе методики, предусматривающих автоматизированный процесс модернизации АПО с контролем его качества на каждом этапе процесса. Вопросы, решаемые в рамках рассматриваемого направления: автоматизированный процесс модификации АПО; осуществление контроля и диагностики функционирования АПО УЭВМ и уменьшение количества вносимых ошибок при модернизации.

**Объект исследования** – процесс модернизации адаптируемого программного обеспечения управляющих ЭВМ.

**Предмет исследования** – качество адаптируемого программного обеспечения управляющих ЭВМ в процессе его модернизации.

#### **Цель работы**

Повышение надежности функционирования программного обеспечения управляющих ЭВМ в процессе его модернизации.

#### **Задачи исследования**

1. Разработка модели процесса модернизации адаптируемого ПО УЭВМ.
2. Разработка алгоритмов автоматического контроля и диагностики адаптируемого ПО УЭВМ в процессе модернизации.
3. Разработка методики модернизации адаптируемого ПО УЭВМ, позволяющей повысить надежность его функционирования на основе результатов работы контролирующих и диагностирующих программ.
4. Разработка средств аппаратной поддержки для реализации сервисных программ модернизации АПО и апробация полученных результатов.

#### **Методы исследования**

Поставленные в диссертационной работе задачи решаются на основе теории графов, теории нейронных сетей, теории нечетких множеств, теории сетей Петри. Используется SADT-методология, а также объектно- и автоматно-

ориентированные подходы к программированию. Широко использовано моделирование на персональных ЭВМ с использованием готовых и самостоятельно разработанных программных продуктов.

#### **Результаты, выносимые на защиту**

1. Модель процесса модернизации программного обеспечения УЭВМ, основанная на подклассе сетей Петри, отличающаяся способом управления переходами между состояниями на основе систем нечеткого вывода, позволяющая автоматизировать процесс модернизации программного обеспечения.
2. Алгоритмы контроля и диагностики ПО УЭВМ в процессе модернизации, основанные на технологии отрицательного динамического тестирования, отличающиеся способом автоматического построения базы тестовых примеров, позволяющие уменьшить количество вносимых ошибок в адаптируемое ПО, повышая тем самым его надежность.
3. Методика модернизации программного обеспечения УЭВМ, основанная на каскадном процессе разработки программного обеспечения, отличающаяся включенными в нее алгоритмом процесса адаптации ПО и способом его динамического тестирования с использованием модели объекта управления, позволяющая ускорить процесс адаптации ПО УЭВМ и повысить его надежность.
4. Трехъядерная структура специализированного вычислителя, отличающаяся выделенным диагностическим ядром, защищающая управляемый объект от воздействия возможных программных ошибок, что позволяет повысить надежность АПО в процессе его модернизации.

#### **Научная новизна заключается**

1. В модели процесса модернизации АПО УЭВМ, в виде подкласса сетей Петри, отличающейся способом управления переходами в сети на основе систем нечеткого вывода.
2. В алгоритмах контроля и диагностики адаптируемого ПО УЭВМ, отличающихся способом генерации базы тестовых примеров, автоматически получаемых в ходе построения обучающей выборки при дообучении нейросетевой модели объекта управления в режиме on-line.
3. В методике модернизации АПО УЭВМ, основанной на использовании разработанных модели и алгоритмов.

#### **Практическая значимость и внедрение результатов работы**

Результаты исследования, выполненные в диссертации, позволяют:

1. повысить качество адаптируемого ПО УЭВМ и ускорить процесс его модернизации за счет автоматизации процессов разработки и контроля;
2. реализовать разработанные алгоритмы модернизации на базе предложенного специализированного вычислителя;
3. увеличить количество обнаруживаемых на этапе опытной эксплуатации ошибок с 1 до 4 (из 5 внесенных) и увеличить среднее количество прогонов программы до возникновения необнаруженных критических ошибок в 2,8 раза для рассмотренного в работе примера.

Полученные в ходе работы решения были защищены Патентом РФ на комплексное изобретение «Устройство и способ контроля управляющей программы вычислителя» № 2300795 от 14 июня 2005 г.

Практическое значение результатов диссертации подтверждено внедрением разработанных программных продуктов в ООО «АвтоГАЗцентр» (генеральный представитель ОАО «ГАЗ» в Республике Башкортостан), а также в учебный процесс кафедры вычислительной техники и защиты информации Уфимского государственного авиационного технического университета.

#### **Апробация работы**

Основные положения, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: всероссийской молодежной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления и обработки информации» (г. Уфа, 2003); международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Искусственный интеллект в XXI веке» (г. Пенза, 2004); второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Мехатроника, автоматизация, управление» (г. Уфа, 2005); XIII-ом Всероссийском семинаре «Нейроинформатика и ее приложения» (г. Красноярск, 2005); международной научной технической конференции «Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России» (г. Екатеринбург, 2006); третьей всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальные системы обработки информации и управления» (г. Уфа, 2008).

#### **Публикации**

Основные положения и результаты исследований по диссертационной работе опубликованы в 2 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, 10 публикациях в журналах, материалах Всероссийских и Международных конференций, кроме этого, получены 2 свидетельства РосАПО о регистрации программ для ЭВМ №2005611955, №2008611079, а также патент на изобретение №2300795.

#### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка использованной литературы из 144 наименований, приложений, содержит 53 рисунка и 10 таблиц. Общий объем диссертации составляет 141 страницу.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** дана классификация методов и технологий модернизации, проанализированы современные методы адаптации программного обеспечения. Также рассмотрены основные модели процесса разработки программного обеспечения. Проанализированы современные методы контроля, диагностики и обеспечения надежности программного обеспечения.

Отмечается, что согласно международному стандарту ISO 9126-1 «Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению», качество ПО определяется рядом характеристик и субхарактеристик, из которых в работе рассматриваются функциональность и надежность, характеризуемая количеством прогонов модифицированного АПО без возникновения критических ошибок.

Проведенный анализ современных методов контроля и диагностики ПО УЭВМ показал, что их наибольшая эффективность может быть достигнута при повышении эффективности контроля правильности выполнения процесса управления. Это подразумевает функциональную проверку ПО УЭВМ.

Процесс модернизации АПО УЭВМ происходит, как правило, таким образом, что программное обеспечение модифицируется и отлаживается удаленно от УЭВМ, при этом могут не учитываться особенности функционирования целевой системы, в результате чего при модернизации в АПО могут быть внесены алгоритмические и программные ошибки.

Таким образом, процесс модернизации АПО целесообразно производить в реальных условиях функционирования УЭВМ, объединяя процессы тестирования и эксплуатации. Однако, в этом случае ошибки, допущенные на этапе модернизации АПО, могут оказывать негативное влияние на управляемый объект и на саму УЭВМ. Кроме этого, поиск и устранение допущенных ошибок приводят к простоям в работе УЭВМ, если опытная эксплуатация происходит в реальных условиях. В силу этого становится актуальной задача организации процесса модернизации АПО УЭВМ таким образом, чтобы опытная эксплуатация модифицированного ПО производилась в реальных условиях, параллельно с функционированием немодифицированной прикладной программы. Это возможно, в частности, при использовании модели управляемого объекта. На рис. 1 изображена предлагаемая архитектура процесса модернизации АПО УЭВМ.

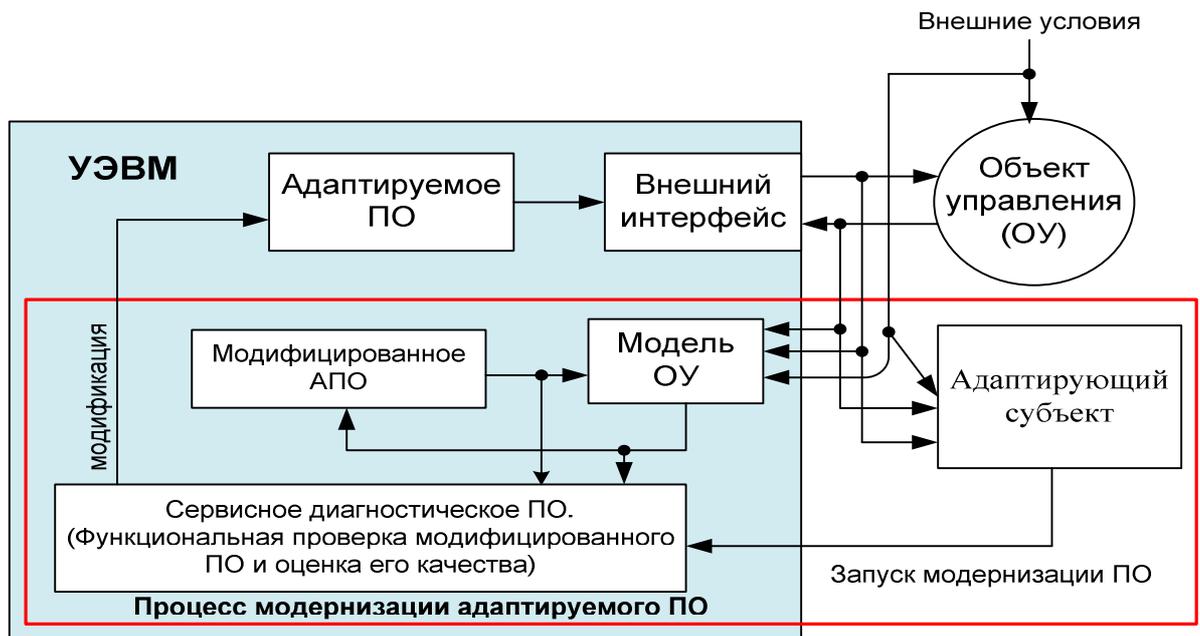


Рисунок 1 – Предлагаемая архитектура процесса модернизации ПО УЭВМ

В предлагаемой архитектуре процесс модернизации переносится в УЭВМ, где он происходит в реальных условиях ее функционирования программными средствами самой УЭВМ. В завершении первой главы формулируются цель и задачи исследования.

**Во второй главе** приводится разработка модели процесса модернизации АПО УЭВМ и способа управления срабатыванием переходов модели на основе систем нечеткого вывода.

На рис. 2 показано изменение количества ошибок в АПО УЭВМ в моменты его модернизации, где:  $B$  - количество ошибок;  $B_0$  - допустимое количество ошибок, при котором АПО считается корректным;  $T_{negi}$  - время простоя или некорректной работы АПО при  $i$ -ой модернизации;  $\Delta B$  - разница между допустимым и внесенным количеством ошибок.

Критерием качества АПО УЭВМ, рассматриваемым в работе, является:

$$J = \sum_T \Delta B_i \rightarrow \min, \text{ при } t_m \leq T, G \leq G_0, \text{ где } T - \text{ время функционирования}$$

системы;  $t_m$  - время модернизации АПО;  $G_0$  - общее ограничение на вычислительные ресурсы.

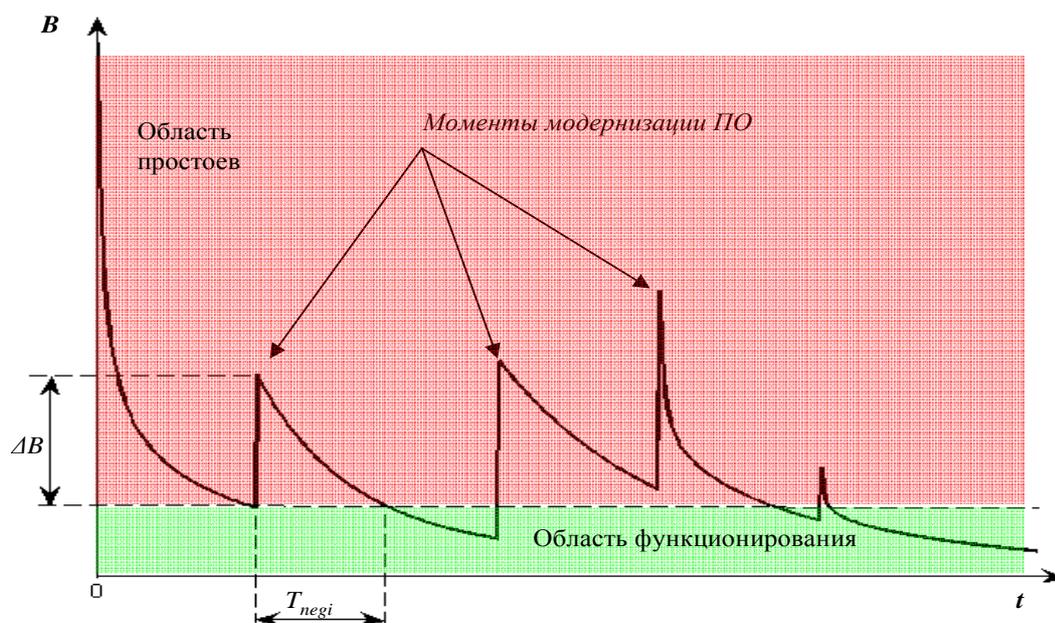


Рисунок 2 – Изменение количества ошибок в АПО УЭВМ при модернизациях.

Описание процесса модернизации АПО УЭВМ, производится в рамках SADT-методологии (рис. 3.).

На основе функциональной модели предложена динамическая модель процесса модернизации в следующем виде.

$G=(S, A, T, C, F_A, F_C, I, O, \delta)$ , где:  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  – конечное множество состояний модели;  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – конечное множество переходов между состояниями;  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_l\}$  – конечное множество действий;  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  – конечное множество условий срабатывания переходов из  $T$ ;  $F_A$  – функция принадлежности действий состояниям, которая определяется как отображение

$F_A: S \rightarrow A$ ;  $F_C$  – функция принадлежности условий переходам, которая определяется как отображение  $F_C: T \rightarrow C$ ;

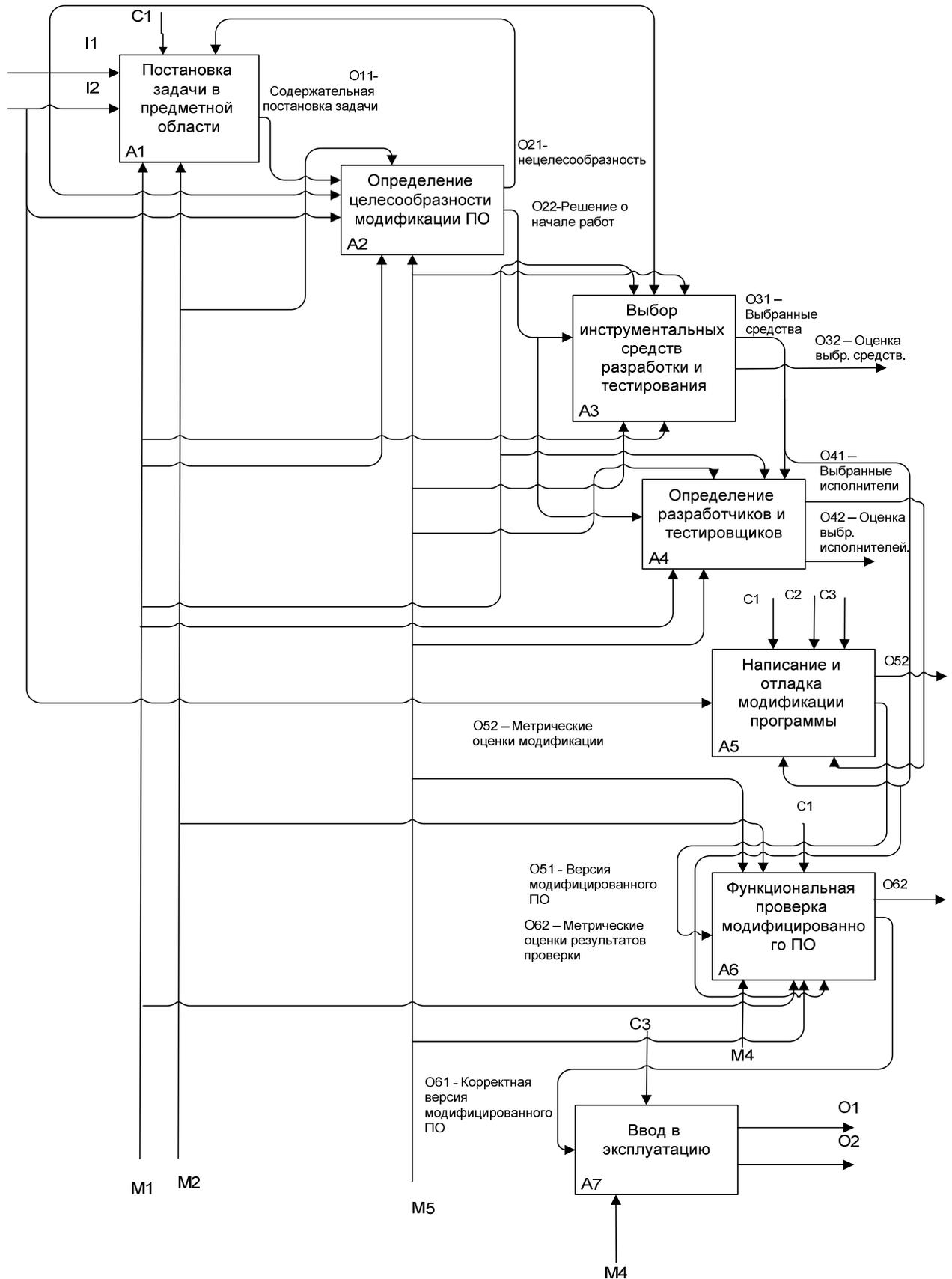


Рисунок 3 – Функциональная модель процесса модернизации АПО УЭВМ

$I$  – входная функция переходов, которая определяется как отображение  $I: S \rightarrow T$ ;  
 $O$  – выходная функция переходов, которая определяется как отображение  $O: T \rightarrow S$ ;  
 $\delta$  – искомый алгоритм управления срабатыванием переходов. Граф модели показан на рис. 4.



Рисунок 4 – Граф модели процесса модернизации АПО УЭВМ

Искомый  $\delta$ -алгоритм формально определяется следующим образом.  
 $\delta = f(Q_i)$ , где  $Q_i$  – интегральная оценка качества АПО на  $i$ -ом этапе.  
 $Q_i = g(p_{1i}, p_{2i}, \dots, p_{\mu i})$ , где  $i$  – номер перехода,  $p_{ji}$ , ( $j=1 \dots \mu$ ) – показатели качества АПО (метрики) для текущего перехода.

$Q_i \rightarrow \max$ , при  $p'_{ji} \leq p_{ji} \leq p''_{ji}$ , где  $p'_{ji}, p''_{ji}$  – ограничения метрик.

Выбор систем нечеткого вывода обусловлен тем, что процесс модернизации АПО, находящийся в том или ином состоянии, характеризуется рядом показателей или метрик, анализ которых является основанием для принятия решения о возможности перехода процесса к следующему состоянию.

Однако, в ряде случаев найти четкое числовое значение некоторых метрик бывает затруднительно, например, трудно измерить желание заказчика. Использование систем нечеткого вывода позволяет решить данную проблему, поскольку в них вывод заключения производится в нечетких терминах вида «большой», «малый», «средний» и т.п.

В предлагаемой модели каждому переходу  $t_j$  ставится в соответствие система нечеткого вывода, управляющая этим переходом. Система нечеткого вывода, имея на входе контрольные показатели процесса модернизации ПО в данной вершине предложенной модели, дает количественную оценку возможности перехода процесса в следующее состояние. Приведена блок-схема данного алгоритма. Предложенная модель с нечетко-управляемыми переходами позволит автоматизировать процесс модернизации, и, как следствие повысить качество АПО.

**В третьей главе** предложены алгоритмы для функциональной автоматической проверки модифицированного АПО, средства их аппаратной поддержки, а также методика процесса модернизации.

Для перехода  $t_{11}$  предложенной модели функциональную проверку предлагается осуществлять автоматически в реальных условиях программными средствами УЭВМ с использованием модели объекта управления.

Функциональную автоматическую проверку предлагается осуществлять по следующей схеме.

Из базы тестов берется значение и предъявляется модифицированной программе. Затем организуется цикл, в котором модифицированная программа управления вырабатывает управляющее воздействие, подаваемое на модель объекта. Отклики модели являются входными данными для тестируемой программы. По окончании этого цикла из базы берется новое значение и все повторяется до тех пор, пока база не опустеет. Результаты тестирования служат основанием для решения о постановке новой программы на исполнение. Блок-схема данного алгоритма представлена рис. 5 (а).

Предлагается и обосновывается использование нейросетевой модели объекта. Процессы обучения нейросетевой модели, а также моделирование предлагается реализовать в сервисных программах УЭВМ. Нейросетевая модель лежит в основе предлагаемых алгоритмов автоматической генерации базы тестовых примеров для функциональной проверки модифицированного АПО.

Алгоритм автоматической генерации базы тестовых примеров можно описать следующим образом.

Немодифицированная программа УЭВМ формирует управляющее воздействие, которое подается на нейросетевую модель объекта управления. Отклик модели сравнивается с откликом управляемого объекта. Если имеется расхождение выше допустимого, то обучающая выборка нейронной сети пополняется управляющим воздействием и откликом, а база тестов – предыдущим откликом. Блок схема алгоритма представлена на рис. 5 (б).

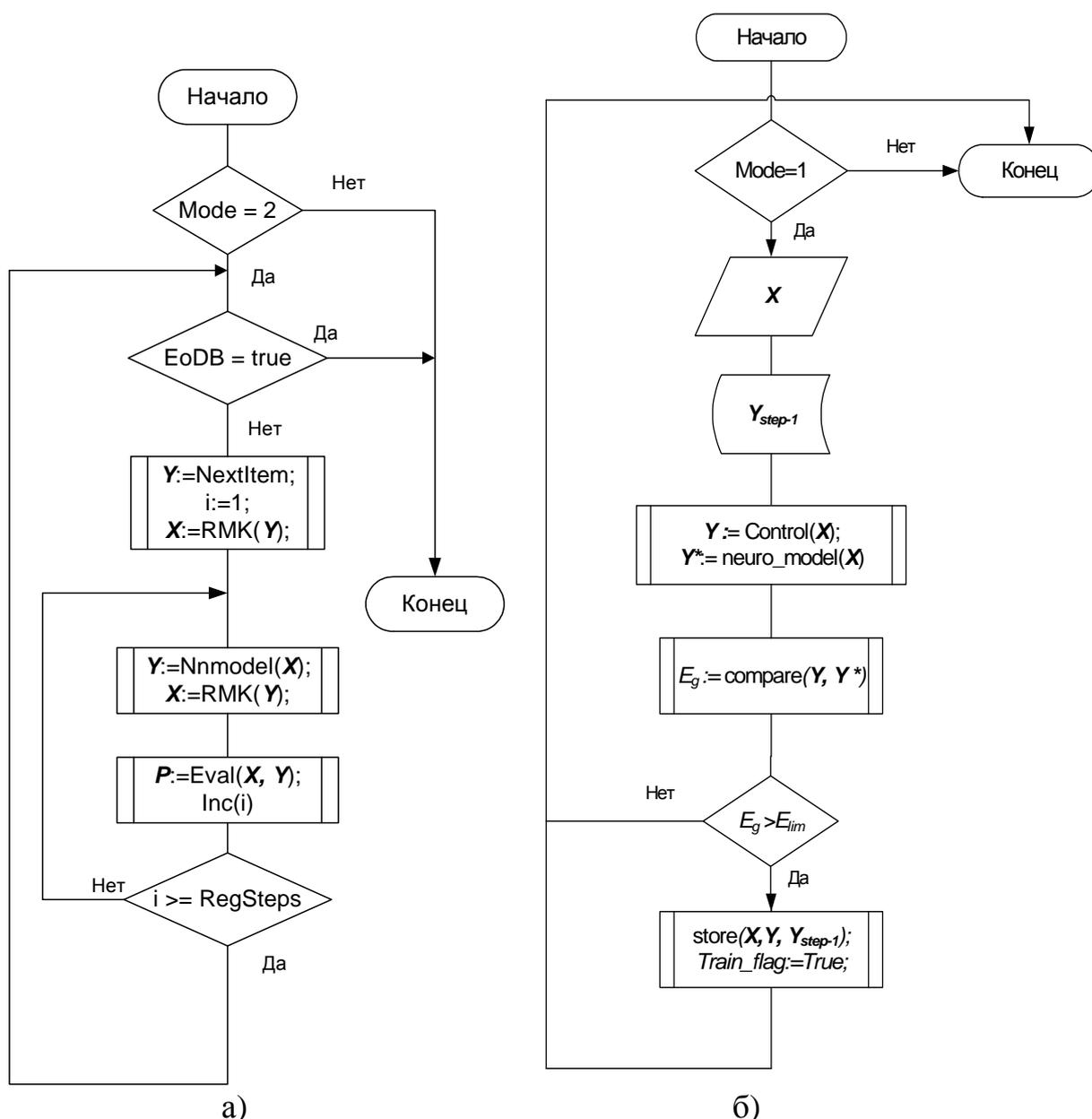
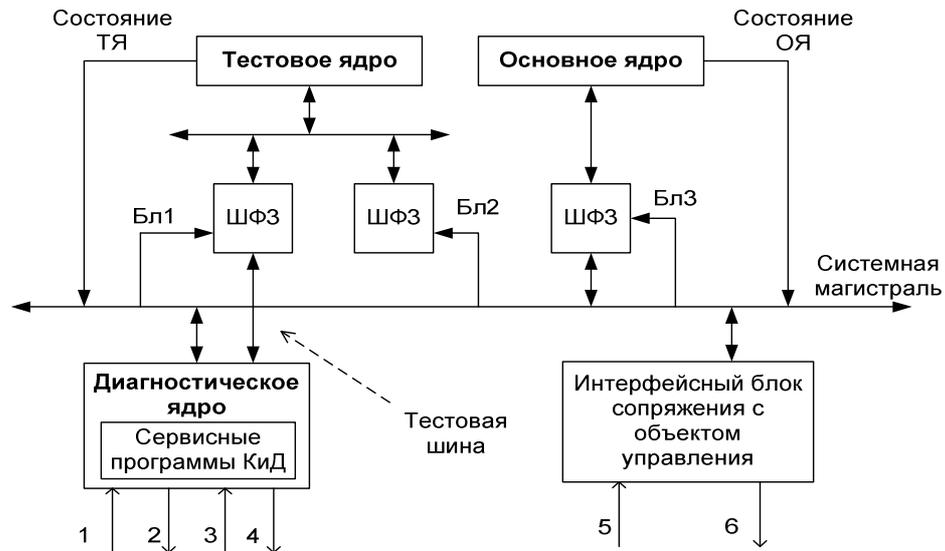


Рисунок 5 – Блок-схемы алгоритмов автоматической генерации базы тестовых примеров и автоматической функциональной проверки модифицированного АПО

В качестве аппаратных средств поддержки предложенных алгоритмов в третьей главе предложена трехъядерная структура специализированной УЭВМ (рис. 6).

В предлагаемой структуре два ядра идентичны, третье является выделенным диагностическим ядром и управляет работой всей УЭВМ.

Диагностическое ядро задает разные режимы работы. В основном режиме основное и тестовое ядра исполняют программу управления, третье ядро следит за их состоянием с целью заменить отказавшее ядро в случае необходимости. Сервисные программы диагностического ядра также обучают нейросетевую модель и формируют базу тестовых примеров согласно предложенным алгоритмам.



1 – запрос на модификацию; 2 – готовность к обновлению; 3- передача кода обновления; 4 – результат функциональной проверки; 5 – управляющие воздействия; 6 – отклики управляемого объекта;  
ШФ – шинный формирователь; Бл – блокировка;

Рисунок 6 – Трехъядерная специализированная УЭВМ

В режиме модернизации ПО основное ядро продолжает исполнять свои функции, тестовое ядро исполняет модифицированную программу, работая с моделью объекта управления. Программа диагностического ядра оценивает работу тестового ядра под управлением новой программы и принимает решение о постановке ее на исполнение. Предложен алгоритм функционирования диагностического ядра, блок-схема которого представлена на рис. 7.

В завершении главы приводится методика модернизации АПО, использующая разработанную модель и алгоритмы.

### 1. Анализ предметной области и существующих ограничений

#### 1.1. Определение субъекта, объекта и механизма модернизации.

1.2. Определение свойств и показателей адаптации с учетом используемой технологии адаптации.

#### 1.3. Определение доступных ресурсов (разработчики, тестировщики).

### 2. Подготовка модели $G=(S, A, T, C, F_A, F_C, I, O, \delta)$ к использованию.

#### 2.1. Назначение условий переходов между состояниями (множество $C$ ).

2.2. Определение показателей (метрик) для всех состояний модели (множества  $P$ ).

2.3. Построение систем нечеткого вывода, управляющих срабатываниями переходов.

### 3. Ожидание события, приводящего к необходимости модернизации.

3.1. Осуществление процессов, относящихся к текущей вершине модели (текущему этапу процесса модернизации).

3.2. Анализ полученного результата системами нечеткого вывода, связанными с переходами из данной вершины.  $\delta$  -управление переходами на основании данного анализа.

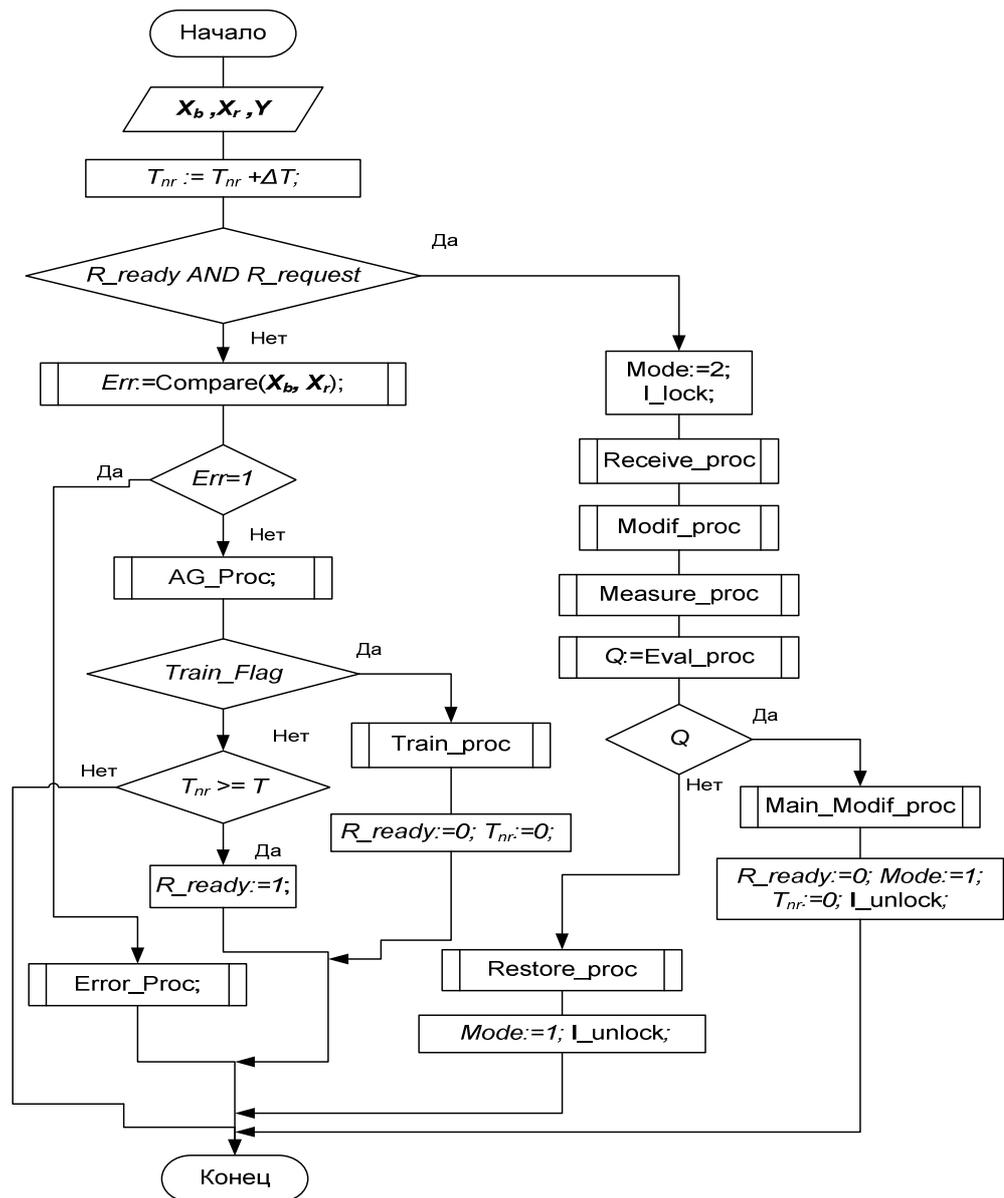


Рисунок 7 – Алгоритм функционирования диагностического ядра

**В четвертой главе** представлен пример модернизации АПО системы управления двигателем внутреннего сгорания. Цель модернизации – модифицировать управляющую программу ЭСУД таким образом, чтобы ограничить частоту вращения коленчатого вала в период прохождения двигателем обкатки.

Идея состоит в модификации программы обработки сигнала с датчика положения дроссельной заслонки с тем, чтобы в нужный момент ограничить частоту вращения коленчатого вала так, как будто дроссельная заслонка находится в фиксированном положении.

Но в программах, реализующих этот закон, можно допустить ошибки, приводящие к недопустимой работе двигателя.

Для проведения эксперимента была разработана среда моделирования процесса модернизации в лингвистически-адаптируемой программной системе FORTH 4.0. На рис. 8 показаны воздействия различных программ,

реализующих законы управления, на модель двигателя. На осциллографах слева показана работа существующей программы управления, справа - работа новой. Результаты тестирования, полученные при помощи разработанной программной среды, также отображены на рисунке.

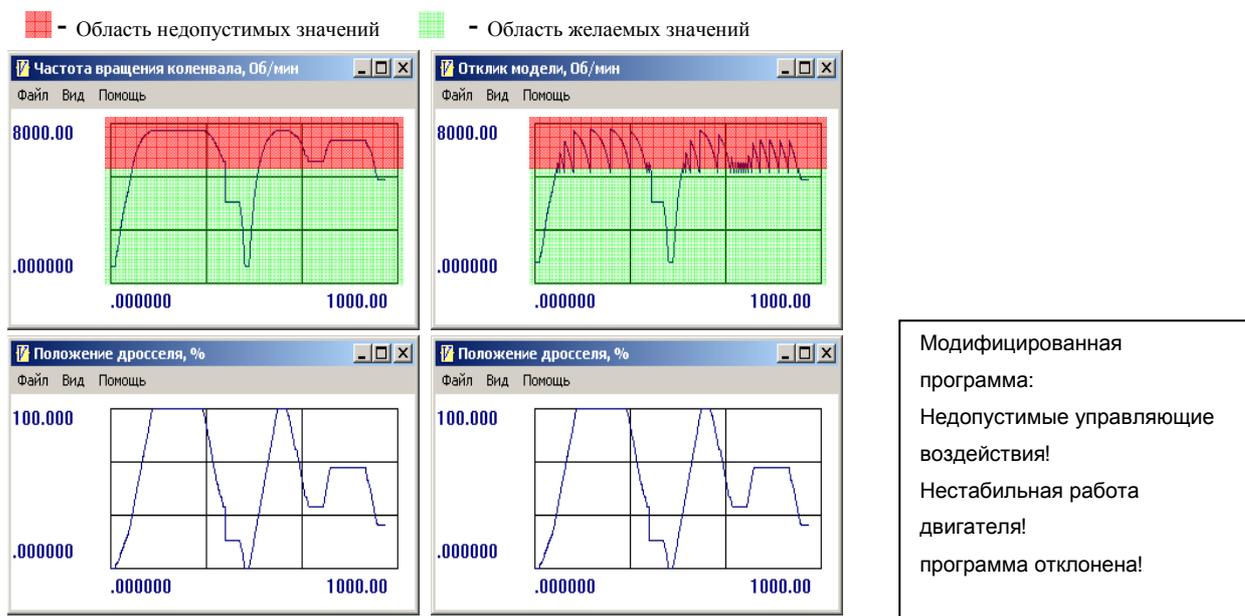


Рисунок 8 – Тестирование модифицированной программы

На рис. 9 показано тестирование различных вариантов программ для ЭСУД. Выбран был только один, для которого оценка нечеткой системой вывода была удовлетворительной.

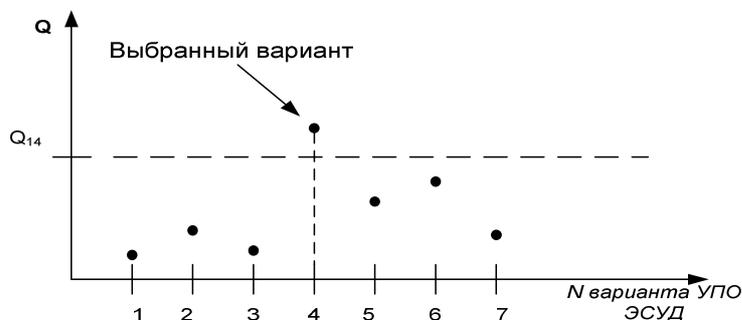


Рисунок 9 – Оценка вариантов программ ЭСУД нечеткой системой вывода ( $Q_{14}$  – оценка немодифицированной программы)

Количественные характеристики повышения качества ПО ЭСУД для рассмотренного примера приведены в следующей таблице, где первая строка соответствует варианту без использования предложенных решений, а вторая - с их применением.

Таблица 1 – Количественные характеристики качества

Общее число допущенных ошибок	Количество обнаруженных ошибок	Вероятность безотказной работы (по модели надежности Колина-Липаева)	Среднее количество прогонов программы до возникновения критических ошибок
5	1	0,51	249875
5	4	0,85	698003

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Разработана модель процесса модернизации программного обеспечения УЭВМ, основанная на подклассе сетей Петри, отличающаяся способом управления переходами между состояниями графа на основе систем нечеткого вывода, позволяющая повысить качество адаптируемого ПО УЭВМ за счет автоматизации процесса модернизации программного обеспечения.

2. Разработаны алгоритмы контроля и диагностики АПО УЭВМ, основанные на технологии отрицательного динамического тестирования, отличающиеся способом автоматического построения базы тестовых примеров, позволяющие сократить временные затраты на проверку модифицированного АПО и уменьшить количество вносимых в него ошибок.

3. Предложена методика модернизации программного обеспечения УЭВМ, основанная на каскадном процессе разработки программного обеспечения, отличающаяся включенными в нее алгоритмом процесса адаптации ПО и способом его динамического тестирования с использованием нейросетевой модели объекта управления, позволяющая ускорить процесс адаптации ПО УЭВМ, уменьшить влияние возможных вносимых программных и алгоритмических ошибок. Методика включает в себя мониторинг адаптируемого ПО УЭВМ, алгоритм дообучения нейронной сети в процессе функционирования УЭВМ и алгоритм автоматической генерации базы тестов для проверки модифицированного ПО.

4. В качестве средств аппаратной поддержки для реализации сервисных программ модернизации АПО предложена трехъядерная структура специализированной УЭВМ, отличающаяся выделенным диагностическим ядром, защищающая управляемый объект от воздействия возможных программных ошибок (Патент РФ № 2300765 от 14.06.2005). Показано эффективное применение методики, предложенных алгоритмов и разработанной структуры к ПО электронных систем управления двигателем внутреннего сгорания. Применение полученных результатов позволило для рассмотренного в работе примера повысить вероятность безотказной работы ПО ЭСУД (по модели надежности Колина-Липаева) с 0.51 до 0.85, соответственно, обнаружить 4 из 5 внесенных алгоритмических ошибок и увеличить среднее количество прогонов программы до возникновения критических ошибок с 249875 до 698003.

## **ПУБЛИКАЦИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ**

### ***В рецензируемых журналах из списка ВАК***

1. Модернизация управляющих программ систем автоматического управления автономными мобильными объектами / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш, А. И. Фрид // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – N 3. – С. 14–19.
2. Методика реинжиниринга управляющих программ / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш, А.И. Фрид // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. – N 8. – С. 30–35.

*В других изданиях*

3. Контроль процесса адаптации программного обеспечения специализированного вычислителя / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Интеллектуальные системы управления и обработки информации: сборник трудов Всероссийской молодежн. науч.-техн. конф./ УГАТУ - Уфа, - 2003.- С.14.
4. Адаптируемый вычислитель, защищенный от программных ошибок / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Искусственный интеллект в XXI веке: сбор. стат. II-й всерос. науч.-техн. конф. - Пенза, 2004.- С. 85-88.
5. Методика реинжиниринга автономных программно-аппаратных вычислительных комплексов / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Компьютерные науки и информационные технологии, CSIT'2005 : сборник научных трудов 7-й Международной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2005. - Т. 2. – С. 5-10. (на англ. языке).
6. Способ организации процесса динамического тестирования программного обеспечения специализированного вычислителя / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Мехатроника, автоматизация, управление, МАУ'2005 : сб. трудов второй Всероссийской научно-технической конференция с международным участием. - Уфа: УГАТУ, 2005. – Т. 2. – С. 281-287.
7. Интеллектуальный способ построения базы тестов управляющего программного обеспечения / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Нейроинформатика и ее приложения: материалы XIII Всероссийского семинара, 7-9 октября 2005 г. / Под ред. А.Н.Горбаня, Е.М.Миркеса. Отв. за выпуск Г.М.Садовская, ИВМ СО РАН, Красноярск, 2005. – С. 106-107
8. Нейросетевое моделирование электронной системы управления двигателем внутреннего сгорания / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Моделирование неравновесных систем: материалы VIII Всероссийского семинара, 14-16 октября 2005 г. / Под ред. В.В. Слабко. Отв. за выпуск М.Ю. Сенашова, ИВМ СО РАН, Красноярск, 2005. – С. 177-178.
9. Интеллектуальная среда моделирования реинжиниринга программного обеспечения специализированного вычислителя / А.М. Скрябин // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2005611955 от 5 августа 2005 г.
10. Метод мониторинга и диагностики инжекторного двигателя внутреннего сгорания / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России: материалы международной научной технической конференции / под общей ред. В. М. Сай. - Екатеринбург: Изд-во УрГУС, 2006.- С. 249 - 250.
11. Пат. 2300795 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G 05 В 23/00. Устройство и способ для контроля управляющей программы вычислителя / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш, А.И. Фрид; заявитель и патентообладатель Уфимский госуд. авиационный техн. ун-т. – № 2005118237/09 ; заявл. 14.06.05 ; опубл. 10.06.07, Бюл. № 16. – 9 с. : ил.

12. Жизненный цикл композиционно-адаптируемого программного обеспечения / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Аспирант и соискатель . – 2008. – № 2. – С. 171–174.
13. Модель жизненного цикла композиционно-адаптируемого программного обеспечения / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Сборник статей третьей всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых, 20-23 февраля 2008. – Уфа: «Издательство «Диалог», 2008. – Том 1. – С. 369–374.
14. Нечеткая экспертная система оценки управляющего программного обеспечения / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Аспирант и соискатель . – 2008. – № 3. – С. 137–140.
15. Модуль реинжиниринга платежной системы мобильных кассовых терминалов / А.М. Скрябин, Д.И. Кардаш // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2008611079 от 19 февраля 2008 г.

Диссертант

А. М. Скрябин

СКРЯБИН Алексей Михайлович

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АДАПТИРУЕМОГО ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭВМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ  
НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 21.11.08. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.- отт. 1,0. Уч.- изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ № 554.

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии  
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса,12