

**На правах рукописи**

**ПОЕЗЖАЛОВА Светлана Николаевна**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ВЫСОКИХ И КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ**

**Специальность 05.13.06**

**Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами (в промышленности)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Уфа – 2012**

Работа выполнена на кафедре технологии машиностроения  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

Научный руководитель

д-р техн. наук, проф.  
**СЕЛИВАНОВ Сергей Григорьевич**

Официальные оппоненты

д-р техн. наук, проф.  
**ЖЕРНАКОВ Сергей Владимирович**  
заведующий кафедрой электроники и  
биомедицинских технологий Уфимского  
государственного авиационного технического  
университета

д-р техн. наук, профессор  
**КАЯШЕВ Александр Игнатьевич**  
заведующий кафедрой автоматизированных  
технологических и информационных систем  
филиала Уфимского государственного  
нефтяного технического университета в  
г. Стерлитамаке

Ведущая организация

ОАО «Институт технологии  
и организации производства»,  
г. Уфа

Защита диссертации состоится «26» декабря 2012 г. в \_\_\_\_ часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «\_\_»\_\_ 2012 г.

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

В. В. Миронов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Инновационная политика государства, формирование в стране современной инновационной экономики в настоящее время предусматривает мобилизацию бюджетов всех уровней на развитие инновационной деятельности. Ядром инновационной деятельности в настоящее время являются технологии. Инновационные технологии и инновационная деятельность на основе инновационного проектирования обеспечивают конкурентоспособность новой продукции и производства для достижения технологического лидерства страны. Современное конкурентоспособное производство должно основываться на применении новых, так называемых «критических» и «высоких» технологий. Указанные технологии имеют значение для развития не только инновационной экономики, обороны страны или безопасности государства, но и для повышения конкурентоспособности, качества и технического уровня продукции. По этой причине перечни важнейших «критических» технологий определены не только на федеральном уровне, но также и на региональном уровнях управления промышленностью, и в отраслях промышленного производства.

Аналитический обзор научно-технической литературы показывает, что основной проблемой эффективной разработки таких «критических» и «высоких» технологий является недостаточное научно-методическое и научно-техническое обеспечение их проектирования для применения в инновационной деятельности.

В предлагаемой работе предложены и обоснованы современные методы математического моделирования и оптимизации в системотехническом проектировании «высоких» и «критических» технологий АСТПП машиностроительного профиля. Для решения данной задачи в диссертационном исследовании с помощью функционального моделирования, применения средств искусственного интеллекта и других средств системотехнического проектирования разработана автоматизированная система научных исследований высоких и критических технологий (АСНИ-ВКТ) в авиадвигателестроении.

АСНИ высоких и критических технологий позволяет автоматизировать НИР по разработке инновационных проектов и оптимизировать на основе математического моделирования единые, узловые, проектные, перспективные и директивные технологические процессы, которые разрабатывают при выполнении опытно-конструкторских (ОКР) и опытно-технологических работ (ОТР) с помощью АСТПП. Названные и другие инновационные технологии необходимы как для технологического обеспечения создания авиационных двигателей нового поколения, так и для разработки проектов технического перевооружения авиадвигателестроения в целях постановки на производство новой техники.

**Объектами исследования** являются АСТПП, автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), высокие и критические технологии машиностроительного производства.

**Предметом исследования** являются методы и модели:

- системного анализа, математического моделирования и оптимизации технологий;
- инновационного проектирования в авиадвигателестроении;
- автоматизации управления инновационными проектами;
- искусственного интеллекта для совершенствования АСТПП и АСНИ.

**Цель работы.** Целью данного диссертационного исследования является повышение эффективности инновационного проектирования на основе разработки автоматизированной системы научных исследований, которая обеспечивает анализ, математическое моделирование и оптимизацию высоких и критических технологий в авиадвигателестроении на основе исследования закономерностей смены поколений авиационной техники.

**Задачи исследования:**

1. Построить функциональную модель АСНИ-ВКТ, адаптированную к существующим системам НИОКР и АСТПП;
2. Разработать методы анализа на основе определения закономерностей развития авиационной техники и технологий для обеспечения автоматизации инновационного проектирования;
3. Разработать методы математического моделирования и оптимизации единых технологий авиадвигателестроения в АСНИ для обоснования инновационных проектов;
4. Разработать метод выбора высоких узловых технологий из «ядра решений» единой технологии авиационных двигателей нового поколения;
5. Обосновать методы автоматизации инновационного проектирования, применяемые для технического перевооружения авиадвигателестроения и постановки на производство новых авиационных двигателей;
6. Разработать метод многокритериальной оптимизации директивных (проектных) технологических процессов в АСНИ-ВКТ на основе применения средств искусственного интеллекта.

**Методы исследования.** Методологическую основу решения поставленных задач определяет использование математического моделирования и оптимизации, искусственного интеллекта, имитационного моделирования проектов, теории графов и компьютерного моделирования разработок в АСТПП и АСНИ.

**На защиту выносятся:**

1. Функциональная модель автоматизированной системы научных исследований, которая является базой для технологического обеспечения работ по проектированию авиационных двигателей нового поколения.

2. Метод анализа с помощью обобщенно-регрессионной сети GRNN закономерностей и математических моделей развития авиационной техники и технологий.

3. Метод математического моделирования на графах для оптимизации единых технологий авиадвигателестроения в АСНИ-ВКТ с помощью комплексного использования новой электронной базы данных узловых технологий ГТД, методов экспертизы и имитационного моделирования технологий для применения в инновационном проектировании.

4. Метод выбора высоких узловых технологий из «ядра решений» единой технологии авиационных двигателей нового поколения на основе имитационного моделирования инновационных проектов высоких и критических технологий производства нового поколения ГТД с помощью новой электронной базы данных для нормирования трудоемкости выполнения этапов инновационных проектов.

5. Новые статистические зависимости для решения прикладных задач АСНИ и АСТПП, обеспечивающие достоверность автоматизации инновационного проектирования директивных технологических процессов изготовления деталей ГТД.

6. Метод многокритериальной оптимизации директивных технологических процессов и программный продукт для структурной оптимизации новых технологий в АСНИ-ВКТ на основе комплексного применения искусственных нейронных сетей Элмана и *Fuzzy Logic*.

#### **Научная новизна:**

1. Разработана новая функциональная модель для автоматизации научных исследований высоких и критических технологий в авиадвигателестроении путем комплексного использования систем: *MATLAB 7.5*, *MATCAD 14*, *BPWin 4.1*, *MS Excel*, *MS Access*, *MS Project 2002*, *Project Expert 7.0*, *КОМПАС 10.0*, *Vertical v.2* для математического моделирования и оптимизации технологических инноваций, отличающаяся тем, что она адаптирована и увязывает в единый комплекс информационные технологии различных систем НИОКР и АСТПП для обеспечения инновационного проектирования.

2. Установлены новые закономерности в виде регрессионных зависимостей, S-образных кривых развития авиационной техники и технологий с помощью функционального моделирования в АСНИ высоких и критических технологий авиационного профиля, отличающиеся от известных закономерностей тем, что для описания математических моделей, сигмOID развития авиационной техники и технологий использована обобщенно-регрессионная сеть GRNN, с помощью которой доказана предпочтительность применения функций арктангенса, билогистических функций и уравнения Ферми в сравнении с известными логистическими зависимостями для управления инновационными проектами.

3. Разработан новый метод системотехнического обоснования единых технологий авиационных двигателей, отличающийся тем, что он выполнен на основе комплексного использования теории графов и средств искусственного интеллекта в виде «*Fuzzy Logic*» по новому назначению при обработке новой, разработанной в диссертации электронной базы данных патентной статистики, зарегистрированной в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Роспатент).

4. Разработан нейронечеткий метод управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении, отличающийся тем, что многокритериальная оптимизация осуществляется не только с использованием численных значений анализируемых функций изменения затрат на изготовление изделий, но и с использованием лингвистических переменных, учитывающих уровни влияния новой технологии на качество и технический уровень продуктовых инноваций.

**Практическую ценность** работы составляют:

1. Функциональная модель автоматизированной системы научных исследований (АСНИ высоких и критических технологий), которая является основой для разработки информационных технологий управления и разработки инновационных проектов, а также для технологического обеспечения работ по созданию продуктовых и технологических инноваций в авиадвигателестроении.

2. Математические модели и закономерности развития авиационной техники и технологий, обеспечивающие инновационное проектирование на различных стадиях НИОКР и выполнения опытно-технологических работ в авиадвигателестроении при разработке продуктовых и технологических инноваций;

3. Программные продукты, основанные на применении искусственных нейронных сетей и электронных баз данных для обеспечения функционирования АСНИ высоких и критических технологий в АСТПП авиадвигателестроения.

4. Материалы диссертации могут быть использованы как в промышленном производстве, так и в учебном процессе по дисциплинам «Инноватика» и «Инновационное проектирование».

**Внедрение результатов.** Основные результаты диссертационной работы внедрены в ОАО УМПО в виде программных продуктов и новых технологий, которые сокращают затраты на проведение научно-исследовательских работ, повышают эффективность разработки директивных технологических процессов, проектов технического перевооружения производства, инновационных проектов авиадвигателестроительного производства. Практическое применение новых методов интеллектуализации АСНИ и АСТПП приводит к повышению конкурентоспособности продукции и производства.

Результаты диссертационной работы также внедрены в учебном процессе Уфимского государственного авиационного технического университета (ФГБОУ ВПО УГАТУ) в виде лабораторного практикума.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационного исследования использованы при выполнении следующих НИР:

1. «Методология системного проектирования, испытаний, доводки и поддержки в эксплуатации сложных технических объектов (двигателей и энергоустановок) на основе анализа рабочих процессов, имитационного и CAD/CAE-моделирования, PDM и SCADA-технологий» в рамках программы «Развитие научного потенциала высшей школы»;

2. «Разработка методов искусственного интеллекта для оптимизации мехатронных технологий».

Основные положения работы докладывались на научно-технических конференциях:

– «*Computer Science and Information Technologies, CSIT*» (Греция, 2009 г. и Германия, 2011, 2012 гг.);

– III Международной научно-технической конференции «Авиадвигатели XXI века» (г. Москва, ЦИАМ, 2010 г.);

– VI Всероссийской научно-практической конференции «Научное, экспертно-аналитическое и информационное обеспечение национального стратегического проектирования, инновационного и технологического развития России», (г. Москва, РАН, 2010 г.);

– VII Международной научно-практической конференции «Регионы России: стратегии и механизмы модернизации, инновационного и технологического развития», (г. Москва, РАН, 2011 г.);

– XII Международной научной конференции «Модернизация России: ключевые проблемы и решения», (г. Москва, РАН, 2011 г.) и других.

Результаты работ по данному диссертационному исследованию отмечены:

– дипломом XV Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» в марте 2009 г. в Санкт-Петербурге;

– дипломом I-ой степени всероссийской конференции «Молодые ученые – авиации России», 21 августа 2009 г. в г. Москве в рамках «МАКС-2009» и сертификатом Объединенной Авиастроительной Корпорации;

– дипломом победителя в номинации «Технические науки» конкурса научно-исследовательских работ аспирантов организаций и вузов РБ в 2010 г.

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 18 научных работ: 11 научных статей в журналах из перечня ВАК, 4 статьи на английском языке в международных изданиях, получены 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и баз данных.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 178 наименований и приложений. Основная часть работы (без библиографического списка и приложений) изложена на 155 страницах машинописного текста.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формируются цель и задачи исследования, отмечается новизна и практическая ценность выносимых на защиту результатов.

**Первая глава** посвящена анализу методов построения АСНИ в АСТПП и описанию отличительных свойств разработанной АСНИ-ВКТ. Приводятся основные требования автоматизированных систем технической подготовки машиностроительного производства (АСТПП) к типовым функциональным модулям с указанием нормативно-технических документов, регламентирующих ТПП. Кратко рассматривается организационная, информационная и техническая совместимость работ по ТПП, обеспечивающая АСТПП. Изложены основные направления совершенствования ТПП и осуществлено системотехническое проектирование АСНИ и системная увязка этапов и стадий НИОКР и технологической подготовки производства. Выполнено структурное и функциональное моделирование разработанной в диссертационном исследовании АСНИ высоких и критических технологий, определены ее назначение, цель и место в АСТПП.

Разработанный метод структурного моделирования АСНИ в АСТПП, позволил интегрировать (рис. 1) автоматизированную систему с функциональными модулями НИОКР авиадвигателестроительного назначения.

Сделано заключение о том, что математические модели и новые знания научных закономерностей, устанавливаемых с помощью АСНИ-ВКТ, необходимы для разработки не отдельных технологических операций, как это следует из других рассмотренных АСНИ технологического назначения, а служат для создания инновационных технологий, для технологического обеспечения создания авиационных двигателей нового поколения на стадиях разработки «предварительных проектов технологической документации» и подготовки «комплектов документации директивных технологических процессов» в целях постановки на производство новой техники.

В диссертации на основе рис. 1 разработана функциональная модель (рис. 2).

В данной главе рассмотрены также методы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСНИ в АСТПП и их применение в целях выбора основных направлений технологического обеспечения НИОКР.



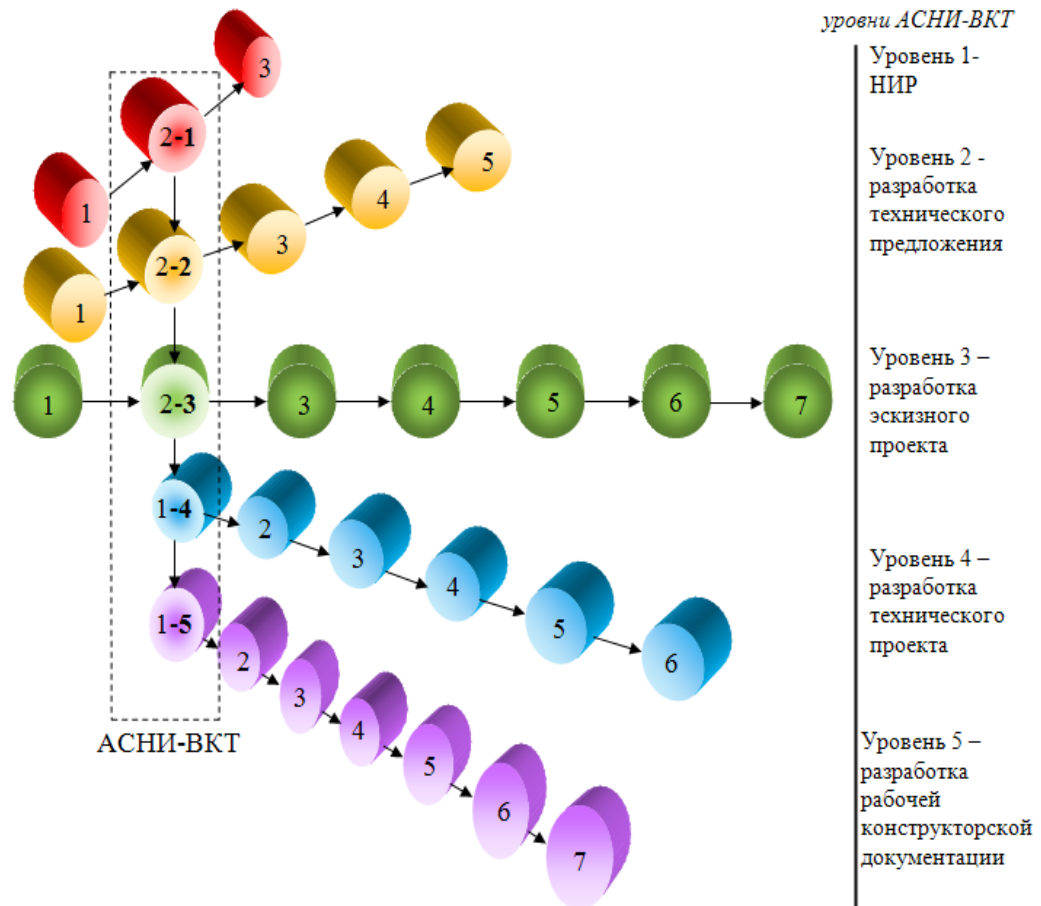


Рисунок 1 – Граф построения структуры АСНИ высоких и критических технологий в НИОКР:

1, 2, 3...– функциональные блоки этапов и стадий НИОКР по ЕСКД;  
 2-1; 2-2; 2-3; 1-4; 1-5 – функциональные блоки АСНИ-ВКТ, адаптированные к ЕСКД и ЕСТД

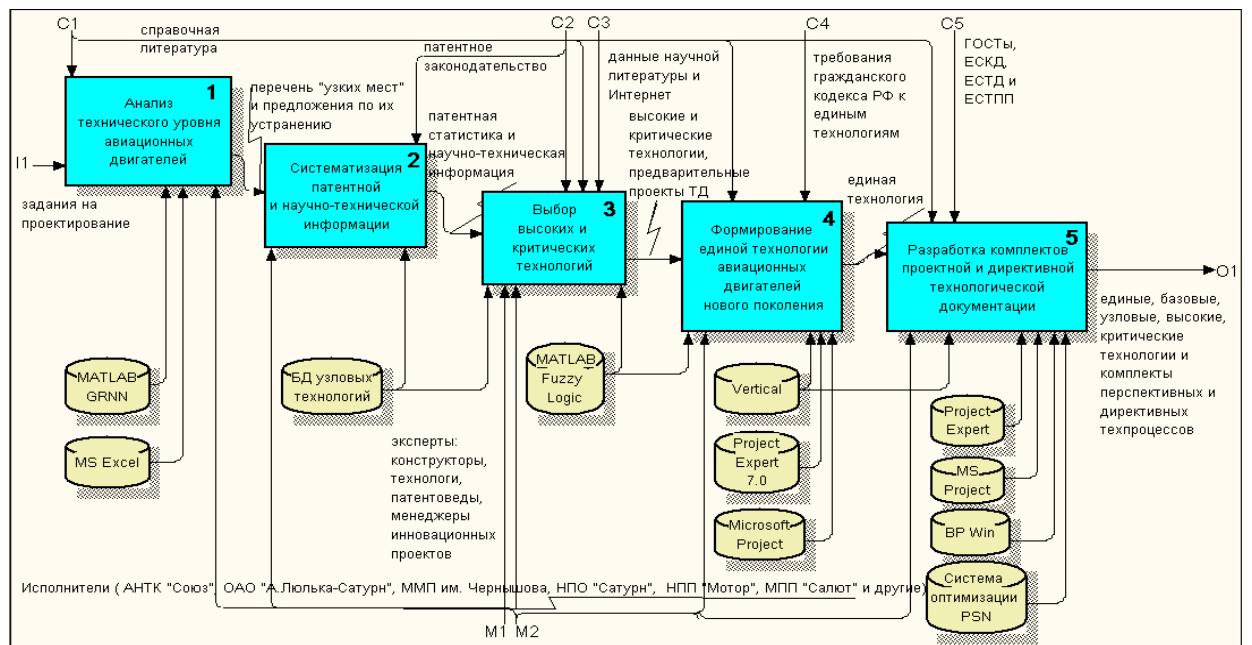


Рисунок 2 – Функциональная модель АСНИ высоких и критических технологий (АСНИ-ВКТ) авиадвигателестроения

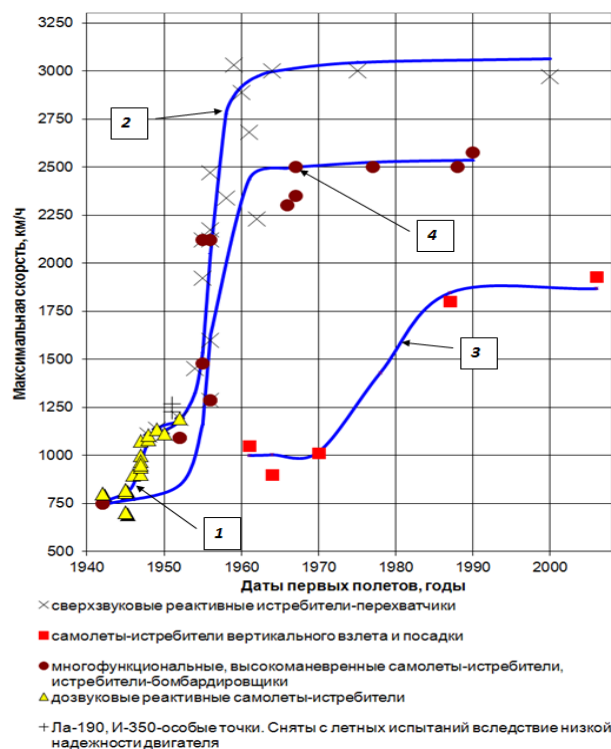


Рисунок 3 – Обобщенные S-образные закономерности смены поколений реактивных самолетов-истребителей

Разработанные в первой главе методы системного анализа развития авиационной техники и технологий в АСНИ-ВКТ позволяют в аналитическом виде с использованием средств искусственного интеллекта разработать математические модели развития таких технологий и объяснить закономерности смены поколений авиационной техники. Осуществлено математическое моделирование с помощью АСНИ-ВКТ процессов развития самолетов и авиационных двигателей для решения задач выполнения НИР и инновационного проектирования в целях смены поколений такой техники и технологий и обеспечения конкурентоспособности анализируемой авиационной техники.

Сделано заключение, что закономерности развития дозвуковой истребительной авиации подчиняются типовым математическим моделям смены поколений техники и технологий. Для определения математических моделей развития сверхзвуковой истребительной авиации в АСНИ-ВКТ кроме типовых математических моделей в виде сигмoids необходимо учитывать особенности развития не только новых технологий, но и новых поколений авиационной техники внутри анализируемых поколений технологий.

По результатам статистического анализа рассмотрены полученные с помощью АСНИ-ВКТ новые математические модели, характеризующие развитие сверхзвуковой истребительной авиации. Полученные математические модели в виде регрессий для реактивных самолетов-истребителей включают S-образные закономерности дозвуковых самолетов-истребителей, сверхзвуковых реактив-

Применение методов искусственного интеллекта в АСНИ-ВКТ для решения технологических задач, позволяет определять математические модели, оптимизировать проектно-технологические решения, осуществлять экспертизу технических предложений, патентов, инновационных проектов и использовать их для решения задачи управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении в новой АСНИ, интегрируемой в АСПП.

Во второй главе с помощью новой АСНИ исследованы и проанализированы законы и закономерности смены поколений авиационной техники (рис. 3).

ных истребителей-перехватчиков, самолетов-истребителей вертикального взлета и посадки, многофункциональных высокоманевренных самолетов-истребителей (истребителей-бомбардировщиков).

Математическое моделирование закономерностей развития авиационных двигателей, как показывают исследования, выполненные в АСНИ-ВКТ, также подчиняются общим законам инновационного развития в виде регрессий и имеют вид, представленный на рис. 4, где обобщена сводная картина закономерностей и математических моделей развития авиационных двигателей отечественной истребительной авиации. Полученные графики (рис. 4) позволяют сформулировать проблему технологического обеспечения создания авиационных двигателей нового поколения и предложить метод решения данной проблемы. Методом решения задачи о преодолении наметившегося отставания, которые видны из трендов (регрессий) развития является технологическое обеспечение роста показателей технического уровня при создании двигателей нового поколения.

На основании сопоставительного анализа полученных в АСНИ-ВКТ математических моделей развития авиационных двигателей решен вопрос о выборе сигмоидальных зависимостей для анализа закономерностей изменения параметров технического уровня авиационных двигателей.

Для определения названных закономерностей и тенденций развития авиационных двигателей предложено использовать обобщенно-регрессионную нейронную сеть (*GRNN*), которая позволяет решать задачи определения регрессий путем аппроксимации различных функций, рис. 5. и табл. 1.

Проведен сопоставительный анализ инвестирования отдельно взятого инновационного проекта, который позволил установить более предпочтительные результаты по использованию функции Ферми в сравнении с логистической зависимостью. Функция Ферми обладает лучшей сходимостью, поэтому является более рациональной для использования в задачах математического моделирования и графического отображения и обоснования инновационно-инвестиционных проектов.

**В третьей главе** обоснован метод автоматизации разработки единых технологий в АСНИ-ВКТ авиадвигателестроения. Для этого в блоках (2, 3) функциональной модели АСНИ высоких и критических технологий (рис. 2) осуществляются НИР по системному анализу патентной информации и разработке технических предложений для повышения технического уровня инновационного проектирования авиационных двигателей новых поколений и формирования единой технологии авиационных двигателей нового поколения.

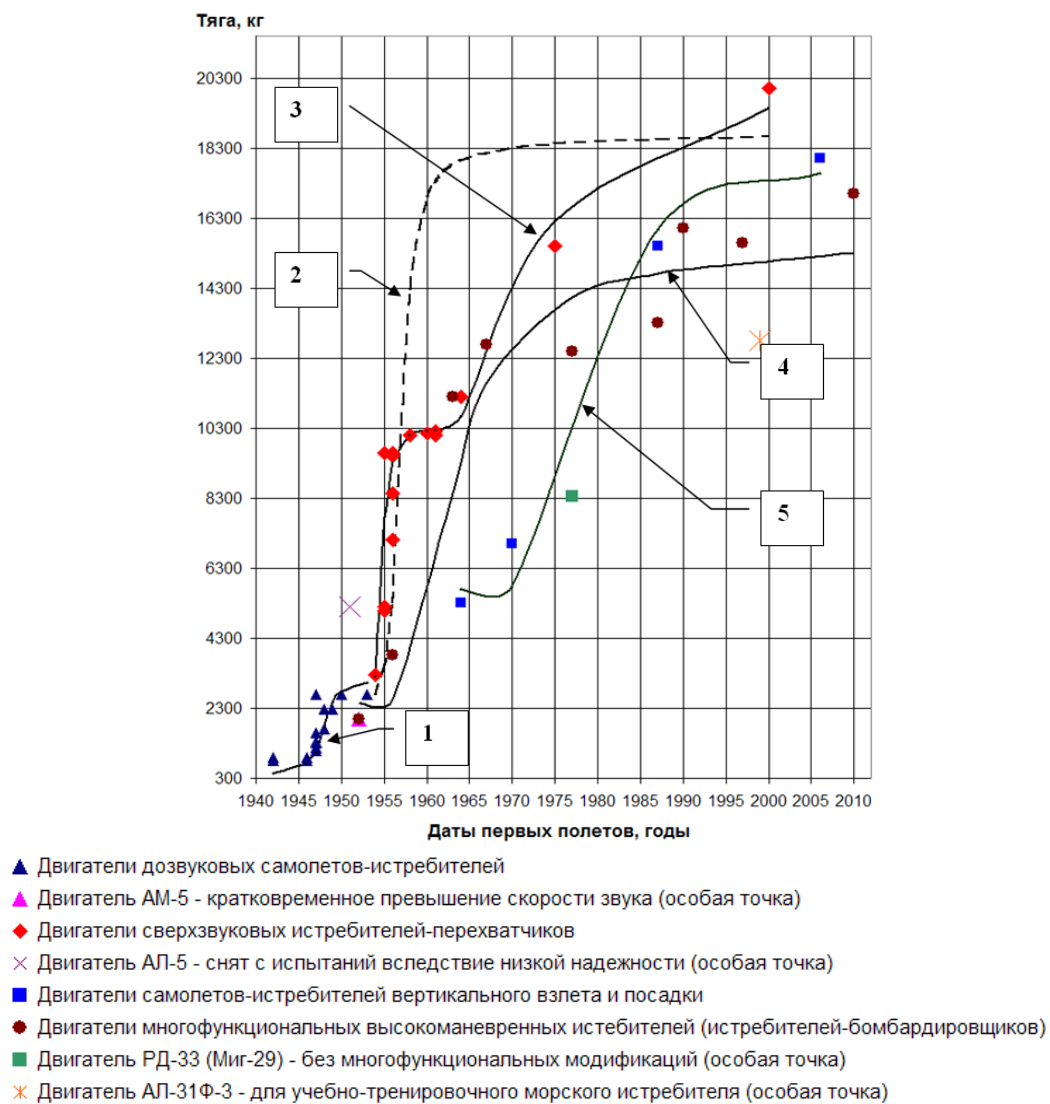


Рисунок 4 – Обобщенные сигмоидальные закономерности развития авиационных двигателей истребительной авиации

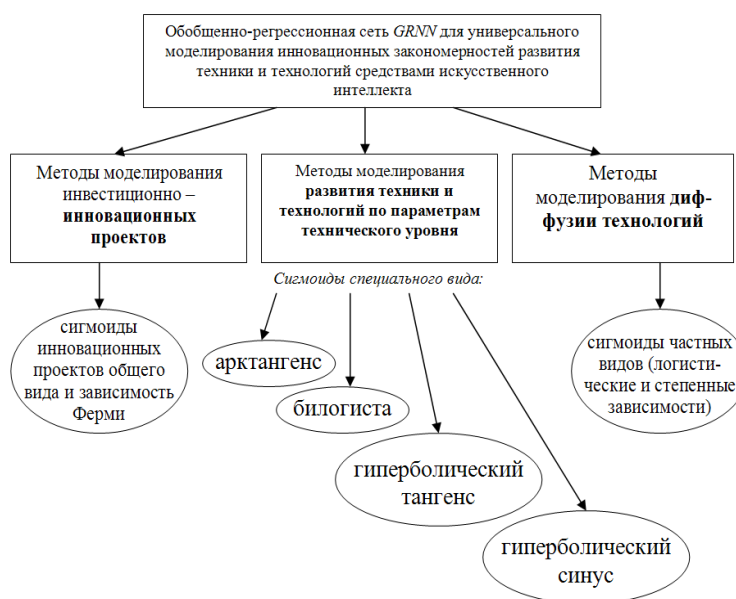


Рисунок 5 – Методы моделирования закономерностей развития техники и технологии

Т а б л и ц а 1

Сигмоидальные закономерности развития авиационных двигателей  
отечественной истребительной авиации

№ сиг- моды (рис.3)	Полученное уравнение	Сходимость $R^2$
1	$F(t)=930*\arctg(t-1948)+1750$	0,7957
2	$F(t)=5700*\arctg(t-1957)+9800$	0,6445*
3	$F(t) = \text{sign}(t - 1976,65) \cdot \left( 1 - \exp \left( - \left( \frac{t - 1976,65}{30,6} \right)^2 \right) \right) + 10250$	0,8992
4	$F(t)=4000*\arctg(t-1966)+8450$	0,8780
5	$F(t)=3900*\arctg(t-1985)+11650$	0,9515

\* – сходимость считается неудовлетворительной, регрессия далее не используется

В плане сказанного вначале осуществлена разработка электронной базы данных для инновационного проектирования единых и узловых технологий ГТД нового поколения, которая необходима для анализа патентной информации по авиационным двигателям. На этой основе формируется «ядро решений» для структурной оптимизации единых технологий ГТД в блоке № 3 функциональной модели АСНИ-ВКТ.

Основой метода определения «ядра решений» предложена гибридная система искусственного интеллекта на основе применения экспертных систем и метода нечеткой логики, которые реализованы в системе *MATLAB*. Этот метод позволяет выполнять системный анализ патентной статистики в разработанной электронной базе данных по узловым технологиям. Для анализа полученного «ядра решений» далее разработана структурная модель в виде многовариантного графа развития единой технологии авиационных двигателей нового поколения.

Предлагается проводить отбор технологий, попадающих в область так называемых высоких технологий, из имеющихся вариантов патентов. После ввода в систему *MATLAB* данных по экспертной оценке патентных документов, оценки их значимости для увеличения тяги, степени сжатия компрессора, температуры на турбине, в соответствии с полученным многовариантным графом, можно построить поверхность развития единых технологий ГТД, рис. 6.

Выбор патентов для формирования графа «ядра решений» двигателей нового поколения, в связи со сказанным, рекомендуется осуществлять из области высоких технологий (рис. 6).

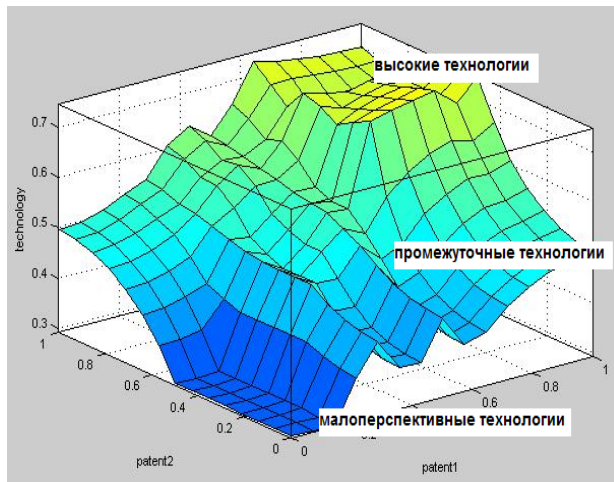


Рисунок 6 – Поверхность развития единых технологий ГТД по результатам экспертной оценки данных патентной статистики

**В четвертой главе** разработан нейронечеткий метод многокритериальной оптимизации директивных технологических процессов (рис. 7) на сетевых многовариантных технологических графах для обеспечения работы блока № 5 АСНИ-ВКТ (рис. 2).

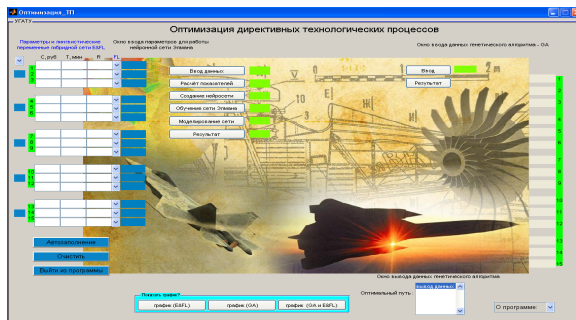


Рисунок 7 – Интерфейс нового программного продукта для оптимизации директивных технологических процессов

Таким образом, в АСНИ-ВКТ можно исследовать и получать зависимости, необходимые для проектирования директивных технологических процессов изготовления деталей ГТД и определять, в том числе для анализа, влияние директивных технологических процессов на качество и технический уровень новой техники.

Сказанное проиллюстрировано на примере разработки директивного технологического процесса изготовления «Стоек» камер сгорания ГТД. Выявленные зависимости и закономерности позволили установить частные (локальные) и глобальные оптимумы, которые позволяют оптимизировать директивные технологические процессы в авиадвигателестроении.

Определив узловые и базовые технологии из «ядра решений» для интересующего узла авиационного двигателя рекомендуется осуществлять имитационное моделирование инновационных проектов производства различных сборочных единиц и деталей ГТД, которое проведено на примере изготовления деталей камеры сгорания «Сегмент» в соответствии с выбранным патентным документом с использованием технологии нанесения металлокерамического жаростойкого покрытия.

Приведено описание работы программного продукта (рис. 7), структура нейронной сети Элмана, которая лежит в его основе, метод сверки критериев, а также иллюстрация работы программы. В ходе реализации данного метода в АСНИ-ВКТ получены новые зависимости (рис. 8 а, б, в, г) на примере технологических процессов изготовления деталей камер сгорания ГТД.



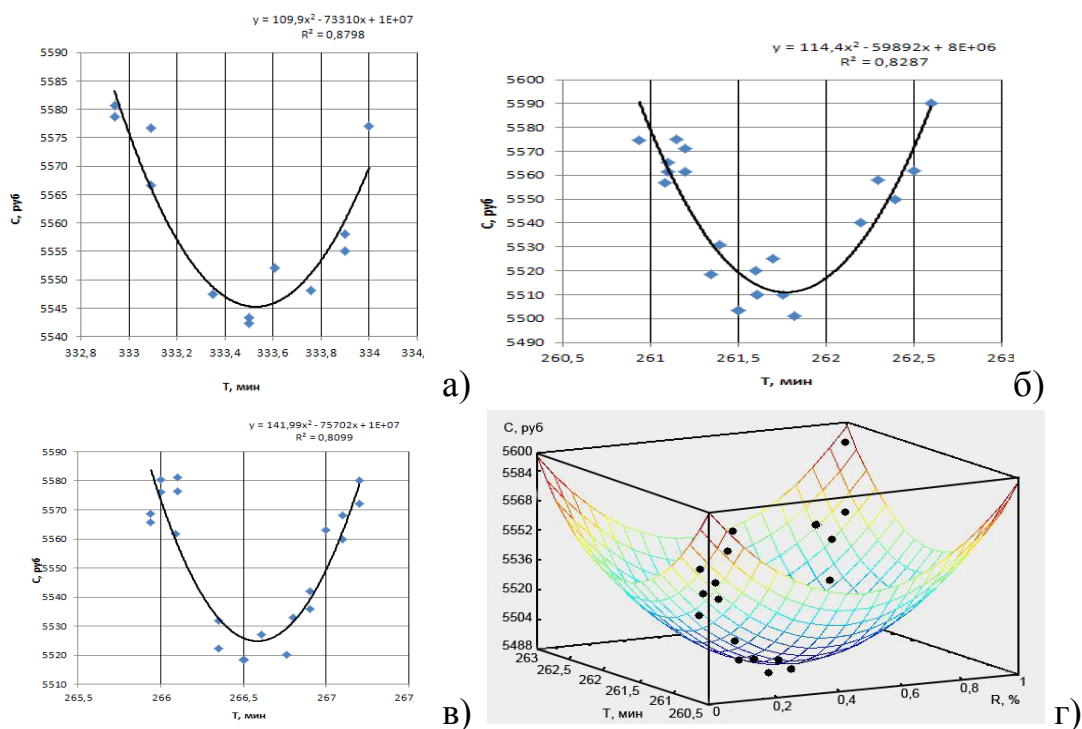


Рисунок 8 – Графики зависимостей изменения трудоемкости ( $T$ ), затрат ( $C$ ) и рисков ( $R$ ) разработки директивных технологических процессов изготовления «Стоек» авиационных двигателей: а – основанных на пайке; б) аргонодуговой сварке; в) электроно-лучевой сварке; г) 3D-график зависимости трудоемкости, затрат и рисков

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Построенная функциональная модель АСНИ высоких и критических технологий (АСНИ-ВКТ) адаптирована к существующим системам НИОКР и АСТПП, что позволяет:

- дополнить АСТПП новыми высокоавтоматизированными средствами, которые способствуют технологическому обеспечению конкурентоспособности новой техники (продуктовых инноваций) в ходе инновационного проектирования высоких и критических технологий (разработки технологических инноваций);
- разрабатывать и обосновывать с помощью АСНИ-ВКТ научные закономерности, зависимости, математические модели, методы и технологии, которые можно использовать в прикладной инновационной деятельности и инновационном проектировании авиационной техники и технологий;
- оптимизировать с помощью новых методов искусственного интеллекта проектно-технологические решения для их практического применения.

2. Разработанные на основе математического моделирования в АСНИ-ВКТ методы анализа позволяют определять закономерности развития авиационной техники и технологий и обеспечивать на этой основе автоматизацию инновационного проектирования. Эти методы позволили установить:

- обобщенные математические модели на основе искусственной нейронной сети *GRNN*, которая позволяет наиболее рациональным образом осуществлять математическое моделирование развития не только локальных инновационных проектов, но также множества инновационных проектов конкретных поколений техники и технологий;

- рациональные регрессии для системного анализа процессов инновационного развития самолетов и их двигателей, в частности доказано, что рациональной функцией, описывающей развитие инновационно-инвестиционного проекта, является функция Ферми, а для анализа закономерностей развития и смены поколений техники и технологий функция типа арктангенс.

3. Разработка методов математического моделирования и оптимизации единых технологий авиадвигателестроения в АСНИ-ВКТ с помощью новой электронной базы данных узловых технологий ГТД для обоснования инновационных проектов развития нового поколения техники и технологий авиадвигателестроения позволила установить, что:

- метод нечеткой логики для выбора высоких узловых технологий в среде *MATLAB* 6.5 позволяет в ходе инновационного проектирования на базе статистических данных патентной информации реализовать задачу поиска "ядра решений" для технологического обеспечения работ по созданию конкурентоспособных газотурбинных двигателей;

- с помощью разработанного метода нечеткой логики можно определять перечни высоких и критических технологий, которые обеспечивают конкурентоспособность новых ГТД, а также сформировать «ядро решений» в виде многовариантного сетевого графа для разработки единых технологий, необходимых для создания авиационных двигателей нового поколения.

4. Обоснование метода выбора высоких узловых технологий из «ядра решений» единой технологии авиационных двигателей нового поколения на основе имитационного моделирования инновационных проектов высоких и критических технологий производства нового поколения ГТД с помощью новой электронной базы данных для нормирования трудоемкости выполнения этапов инновационных проектов, способствует повышению качества инновационных проектов для постановки на производство новой техники (продуктовых инноваций).

5. Методы автоматизации инновационного проектирования, предложенные для применения в проектах технического перевооружения авиадвигателестроения и постановки на производство новых авиационных двигателей, обоснованы с помощью новых статистических зависимостей, которые позволяют в ходе технологического проектирования в рамках АСНИ-ВКТ получать оптимальные соотношения трудоёмкости и затрат в проектных технологических процессах.



6. Разработанный гибридный метод оптимизации директивных технологических процессов в АСНИ высоких и критических технологий на основе применения искусственной нейронной сети Элмана и метода нечеткой логики позволяет осуществлять многокритериальную оптимизацию директивных технологических процессов (технологических инноваций) для обеспечения в ходе инновационного проектирования постановки на производство новых изделий (продуктовых инноваций).

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Закономерности развития авиационной техники и технологий // Полет. 2009. № 5. С. 52-59.
2. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Инновационные закономерности развития авиационной техники и технологий // Инновации. 2009. № 02 (124). С. 63-70.
3. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Метод математического моделирования и структурной оптимизации единых технологий в инновационных проектах // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2009. Т. 12, № 2 (31). С. 93-102.
4. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Автоматизированная система научных исследований высоких и критических технологий авиадвигателестроения // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2009. Т. 13, № 1 (32). С. 112-120.
5. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Сопоставительный анализ инновационных закономерностей развития авиационных двигателей // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 3. С. 72-83.
6. С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, С. Н. Поезжалова, М. В. Селиванова. Использование методов искусственного интеллекта в технологической подготовке машиностроительного производства // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 1 (36). С. 87-97.
7. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Нейронечёткий метод управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении // Инновации. 2011. № 10. С. 98-104.
8. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Управление развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении // Технология машиностроения. 2011. № 6 (108). С. 31-37.
9. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Функциональное моделирование инновационных проектов высоких и критических технологий в авиадвигателестроении // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та.

2011. Т. 15, № 2 (42). С. 140-152.

10. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова, О. А. Бородкина, К. С. Кузнецова. Рекуррентные сети и методы оптимизации проектных технологических процессов в АСТПП машиностроительных производств // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2011. Т.15, № 5 (45). С. 36-46.

11. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Метод оптимизации директивных технологических процессов в АСТПП // Вестник УГАТУ: науч. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2012. Т. 16, № 5 (50).

12. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Нормирование времени для разработки инновационных проектов технического перевооружения авиадвигателестроительного производства. Свидетельство о госуд. регистрации базы данных № 2010620215. // М.: Роспатент. Зарег. в реестре баз данных 25.03.2010.

13. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Узловые технологии для обеспечения технологической готовности к созданию авиационных двигателей нового поколения. Свидетельство о госуд. регистрации базы данных № 2010620680. // М.: Роспатент. 2010. Зарег. в реестре баз данных 10.11.2010.

14. С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова. Оптимизация директивных технологических процессов. Свидетельство о госуд. регистрации программы для ЭВМ № 2012611007. // М.: Роспатент. 2012. Зарег. в реестре программ для ЭВМ 24.01.2012.

***В международных изданиях, опубликованных на английском языке***

15. Автоматизированная система научных исследований высоких и критических технологий авиадвигателестроения / С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова // Материалы XI международной конференции «Вычислительная техника и информационные технологии». CSIT'2009: Т. 2. о. Крит, Греция, 2009. С. 62-66.

16. Нейронечёткий метод управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении / С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова // Материалы XII международной конференции «Вычислительная техника и информационные технологии». CSIT'2010: Т. 1. Россия, М. – СПб., 2010. С. 102-107.

17. Интеллектуальная система разработки директивных технологических процессов в машиностроении / С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова // Материалы XIII международной конференции «Вычислительная техника и информационные технологии». CSIT'2011: Т. 1. Бавария, Германия, 2011. С. 80-83.

18. Автоматизированная система научных исследований высоких и критических технологий в авиадвигателестроении / С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова // Материалы XIV международной конференции «Вычислительная техника и информационные технологии». CSIT'2012: Т. 1. Уфа – Гамбург – Норвегия, 2012. С. 278-284.

ПОЕЗЖАЛОВА Светлана Николаевна

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ВЫСОКИХ И КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Специальность 05.13.06

Автоматизация и управление технологическими процессами  
и производствами (в промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 20.11.2012 г. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,8.

Тираж 100 экз. Заказ № 1038

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