

УДК 629.7:658.5

АСНИ высоких и критических технологий авиадвигателестроения

С. Г. Селиванов¹, С. Н. Поезжалова²

¹S.G.Selivanov@mail.ru, ²Poezjalova@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступило в редакцию 30.05.2013

Аннотация. Представлена автоматизированная система научных исследований высоких и критических технологий авиадвигателестроения по проектированию и созданию авиационных двигателей нового поколения, позволяющая автоматизировать НИР для обеспечения НИОКР средствами инновационного проектирования авиационных двигателей. Сформированы единые технологии авиационных двигателей нового поколения, а также выявлены зависимости и закономерности, которые позволяют оптимизировать директивные технологические процессы в авиадвигателестроении для создания конкурентоспособной продукции.

Ключевые слова. Функциональная модель; смена поколений двигателей самолетов-истребителей; высокие, критические и единые технологии; директивные технологические процессы; патентная статистика; ядро решений; многокритериальная оптимизация; сигмоида; инновационный проект

Аналитический обзор научно-технической литературы показывает, что основной проблемой эффективной разработки «критических» и «высоких» технологий является недостаточное научно-методическое и научно-техническое обеспечение их проектирования для применения в инновационной деятельности. Автоматизированная система научных исследований (АСНИ) высоких и критических технологий позволяет восполнить этот пробел и 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) в автоматизированной системе технической подготовки производства (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. Основные результаты разработанной АСНИ внедрены в виде программных продуктов и новых технологий, которые сокращают затраты на проведение научно-исследовательских работ, повышают эффектив-

ность разработки директивных технологических процессов, проектов технического перевооружения и инновационных проектов авиадвигателестроительного производства.

1. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АСНИ ВЫСОКИХ И КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

Разработанный метод структурного моделирования АСНИ в АСТПП, позволил интегрировать (рис. 1) автоматизированную систему с функциональными модулями АСТПП авиадвигателестроительного назначения (рис. 2).

Математические модели и новые знания научных закономерностей, устанавливаемых с помощью АСНИ, служат для создания инновационных технологий и технологического обеспечения создания авиационных двигателей нового поколения и подготовки «комплектов документации директивных технологических процессов» в целях постановки на производство новой техники.

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СМЕНЫ ПОКОЛЕНИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

АСНИ позволила в аналитическом виде не только разработать математические модели развития технологий в авиационной технике, но и объяснить закономерности смены поколений авиационной техники.

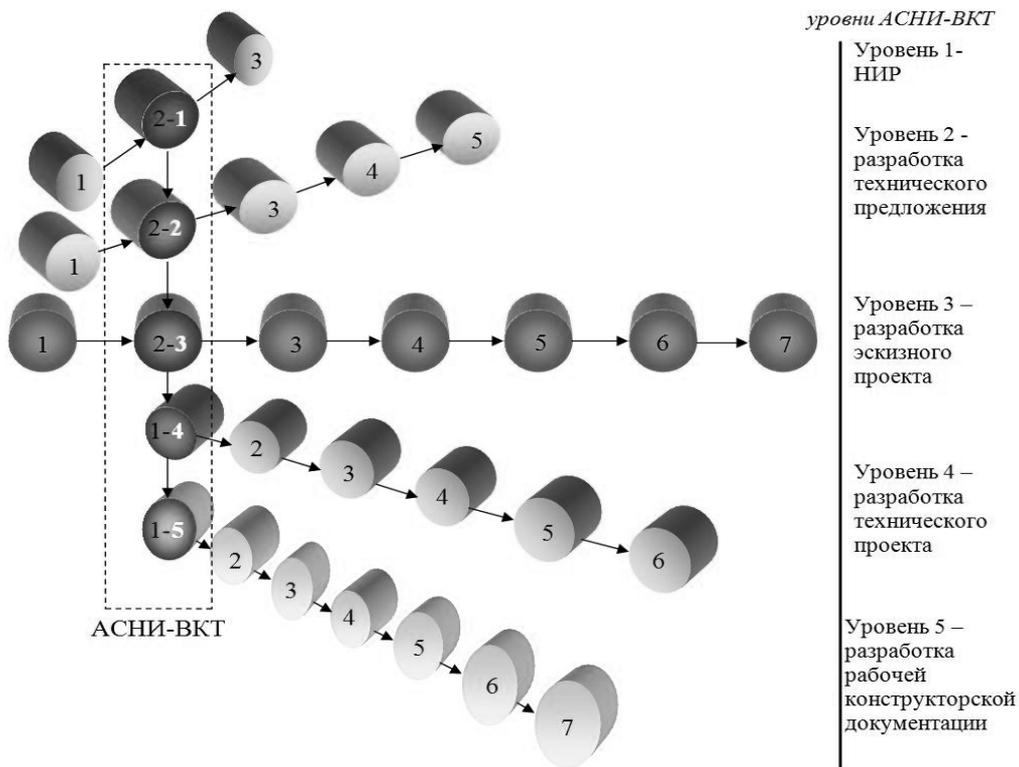


Рис. 1. Граф построения структуры АСНИ высоких и критических технологий в НИОКР: 1, 2, 3... – функциональные блоки этапов и стадий НИОКР по ЕСКД; 2-1; 2-2; 2-3;... – функциональные блоки АСНИ, адаптированные к ЕСКД и ЕСТД

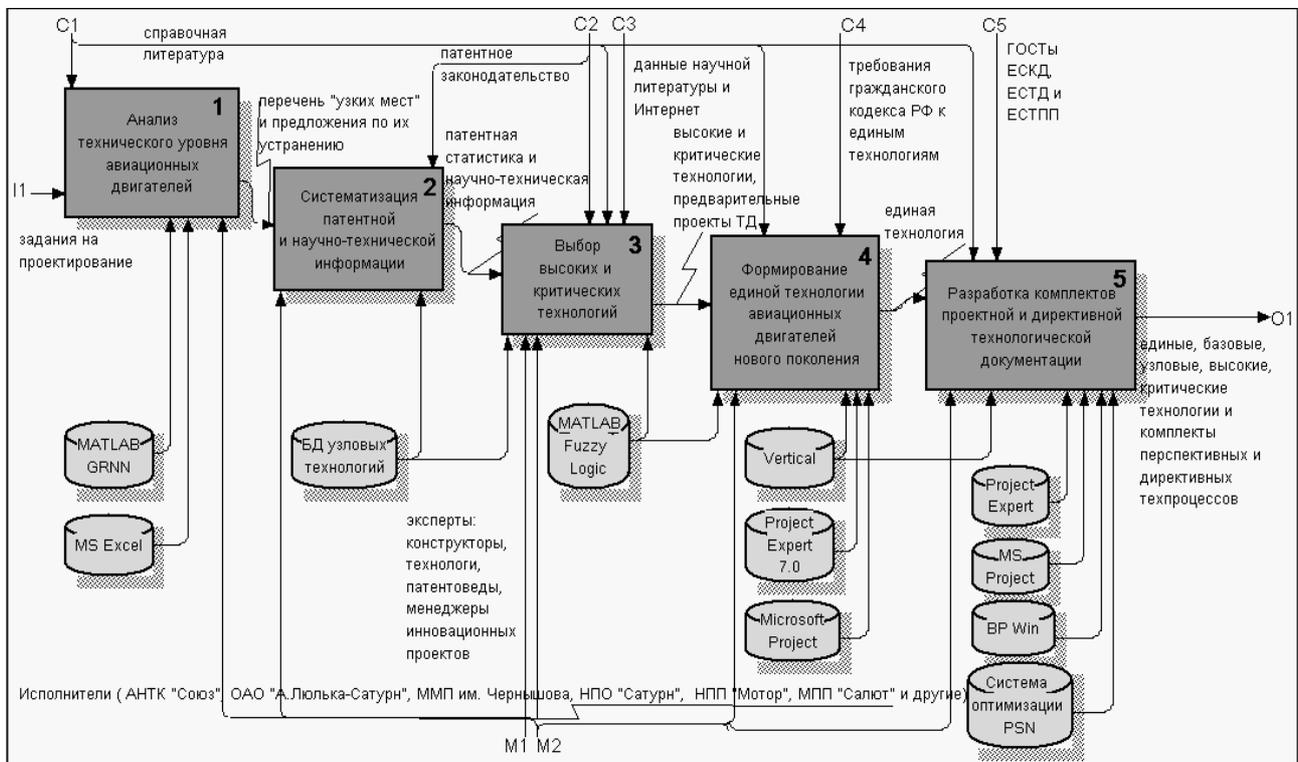


Рис. 2. Функциональная модель АСНИ высоких и критических технологий авиадвигателестроения

Установлено, что закономерности развития дозвуковой истребительной авиации подчиняются типовым математическим моделям смены поколений техники и технологий [1–4]. Для определения математических моделей развития сверхзвуковой истребительной авиации в АСНИ кроме типовых математических моделей в виде сигмоид учтены особенности развития новых поколений авиационной техники внутри анализируемых поколений технологий.

По результатам статистического анализа получены математические модели в виде регрессий для реактивных самолетов-истребителей, которые включают *S*-образные закономерности развития дозвуковых самолетов-истребителей, сверхзвуковых реактивных истребителей-перехватчиков, самолетов-истребителей вертикального взлета и посадки, многофункциональных высокоманевренных самолетов-истребителей (истребителей-бомбардировщиков) [1–4].

Математическое моделирование закономерностей развития авиационных двигателей, как показывают исследования, выполненные в АСНИ, также подчиняются общим законам инновационного развития в виде сигмоидальных регрессий и имеют вид, представленный на рис. 3, где обобщена сводная картина закономерностей и математических моделей развития авиационных двигателей отечественной истребительной авиации. Полученные графики (рис. 3) позволяют сформулировать проблему технологического обеспечения создания авиационных двигателей нового поколения и предложить метод решения данной проблемы.

На основании сопоставительного анализа (полученных в АСНИ математических моделей развития ГТД) решен вопрос о наиболее предпочтительных сигмоидах для анализа закономерностей изменения параметров технического уровня авиационных двигателей.

Для определения названных закономерностей и тенденций развития авиационных двигателей в АСНИ предложено использовать обобщенно-регрессионную нейронную сеть (GRNN), которая позволяет решать задачи определения регрессий путем аппроксимации различных функций, рис. 4. и табл. 1.

3. МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ЕДИНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ В АСНИ

Для решения этой задачи в блоках (2, 3) функциональной модели АСНИ высоких и кри-

тических 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. В плане сказанного вначале осуществлена разработка электронной базы данных для инновационного проектирования единых и узловых технологий ГТД нового поколения (рис. 5, а), которая необходима для анализа патентной информации по авиационным двигателям (рис. 5, б). На этой основе из области высоких технологий (верхняя часть поверхности, рис. 5, б) формируется «ядро решений» для структурной оптимизации единых технологий ГТД в блоке № 3 функциональной модели АСНИ.

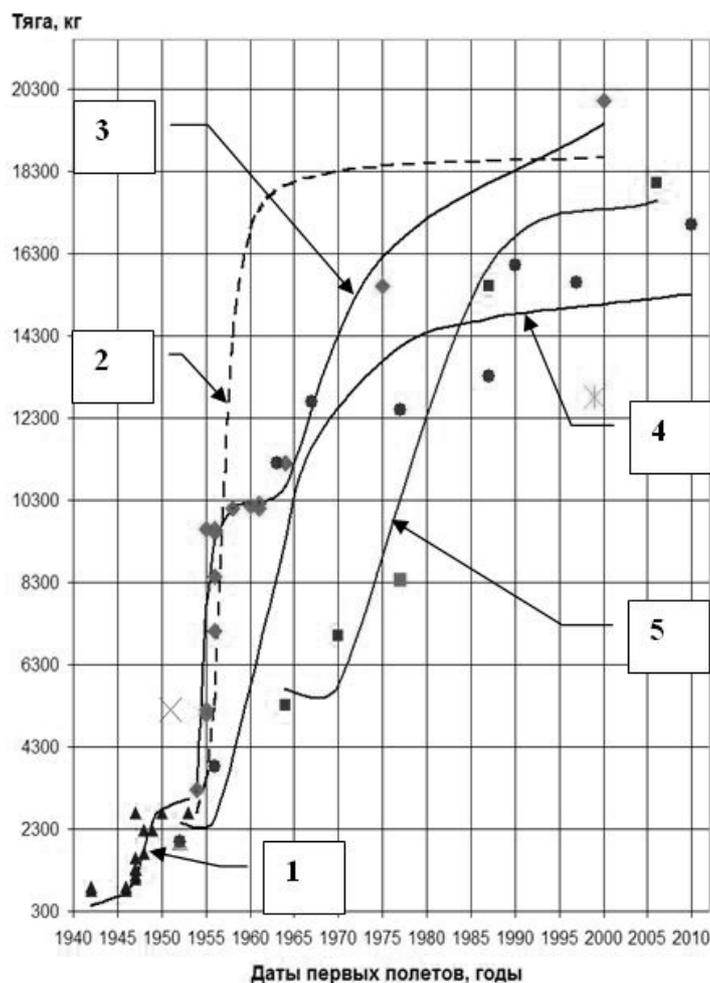
Основой метода определения «ядра решений» предложена гибридная система искусственного интеллекта на основе применения экспертных систем и метода нечеткой логики, которые реализованы в системе MATLAB. Этот метод позволяет выполнять системный анализ патентной статистики в разработанной электронной базе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

Определив узловые и базовые технологии из «ядра решений» для интересующего узла авиационного двигателя можно осуществлять имитационное моделирование инновационных проектов производства различных сборочных единиц и деталей ГТД [5–9].

4. МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДИРЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В рамках рассматриваемой АСНИ (рис. 2, блок № 5) разработан нейронечеткий метод многокритериальной оптимизации директивных технологических процессов на сетевых многовариантных технологических графах, рис. 6.

Для решения этой задачи в АСНИ получены новые зависимости (рис. 7, а–г) на примере технологических процессов изготовления деталей камер сгорания ГТД.



- ▲ Двигатели дозвуковых самолетов-истребителей
- ▲ Двигатель АМ-5 - кратковременное превышение скорости звука (особая точка)
- ◆ Двигатели сверхзвуковых истребителей-перехватчиков
- × Двигатель АЛ-5 - снят с испытаний вследствие низкой надежности (особая точка)
- Двигатели самолетов-истребителей вертикального взлета и посадки
- Двигатели многофункциональных высокоманевренных истребителей (истребителей-бомбардировщиков)
- Двигатель РД-33 (МиГ-29) - без многофункциональных модификаций (особая точка)
- ✱ Двигатель АЛ-31Ф-3 - для учебно-тренировочного морского истребителя (особая точка)

Рис. 3. Обобщенные сигмоидальные закономерности развития авиационных двигателей

Т а б л и ц а 1

Сигмоидальные закономерности развития авиационных двигателей истребительной авиации

№ сигмоиды (рис. 3)	Полученное уравнение	Сходимость R^2
1	$F(t) = 930 \cdot \arctg(t - 1948) + 1750$	0,7957
2	$F(t) = 5700 \cdot \arctg(t - 1957) + 9800$	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	$F(t) = 4000 \cdot \arctg(t - 1966) + 8450$	0,8780
5	$F(t) = 3900 \cdot \arctg(t - 1985) + 11650$	0,9515

* – сходимость считается неудовлетворительной, регрессия далее не используется

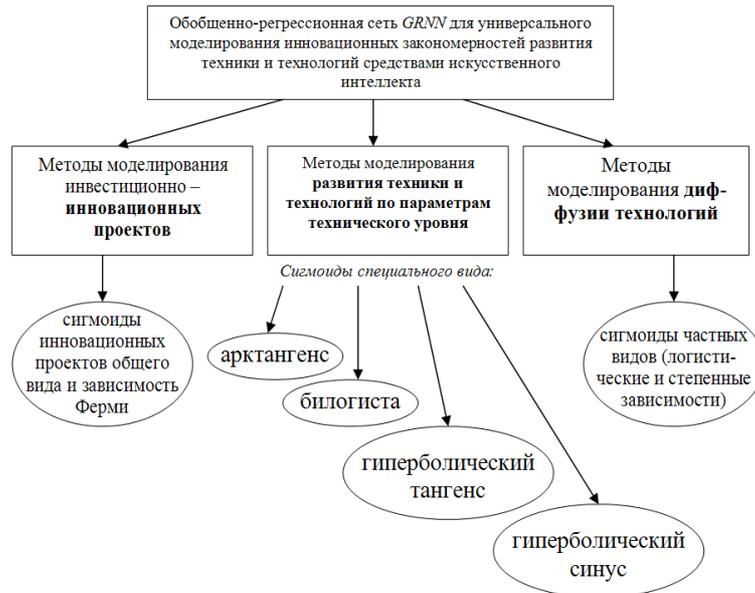


Рис. 4. Виды сигмоид и их применение для анализа в нейронных сетях

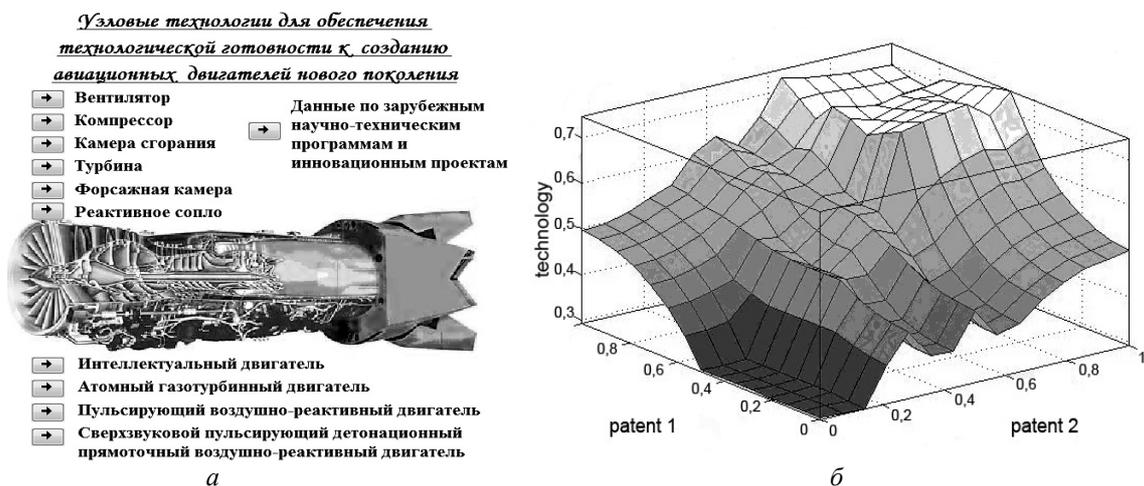


Рис. 5. Поверхность развития единых технологий ГТД в *MATLAB* (б), полученная по электронной базе данных патентной статистики (а)

Выявленные зависимости и закономерности позволили установить частные (локальные) и глобальные оптимумы, которые позволяют оптимизировать директивные технологические процессы в авиадвигателестроении [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

- дополнить АСТПП новыми высокоавтоматизированными средствами, которые способствуют технологическому обеспечению конкурентоспособности новой

техники в ходе инновационного проектирования технологий (разработки технологических инноваций);

- разрабатывать и обосновывать с помощью АСНИ 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 применения в АСТПП.

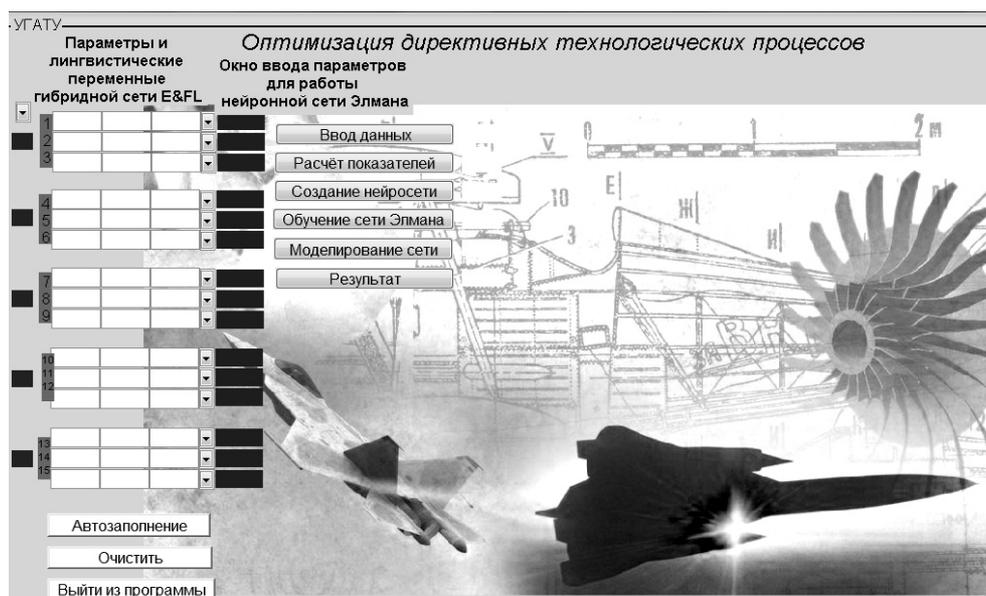


Рис. 6. Интерфейс программного продукта по оптимизации директивных технологических процессов

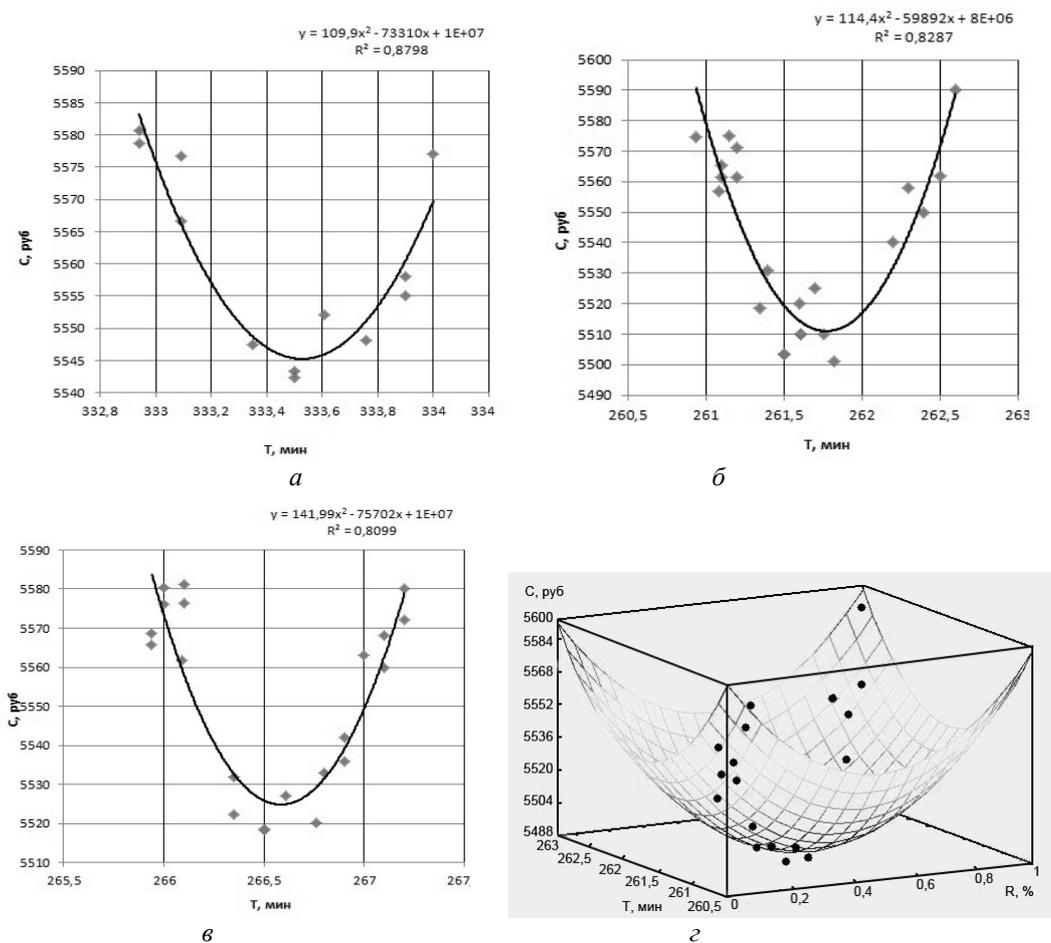


Рис. 7. Графики зависимостей изменения трудоемкости (Т), затрат (С) и рисков (R) разработки директивных технологических процессов изготовления «Стоек» авиационных двигателей, основанных: а – на пайке; б – на аргонодуговой сварке; в – на электроно-лучевой сварке; г – 3D-график зависимости трудоемкости, затрат и рисков

2. Разработанные на основе математического моделирования в АСНИ методы анализа инновационных технологий для определения закономерностей развития авиационной техники и технологий и обеспечения на этой основе автоматизации инновационного проектирования 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 и закономерностей диффузии новых 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.

3. Разработка методов математического моделирования и оптимизации единых технологий авиадвигателестроения в АСНИ с помощью новой электронной базы данных узловых технологий газотурбинных двигателей 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 формировать «ядро решений» в виде многовариантного сетевого графа для разработки единых технологий, необходимых для создания авиационных двигателей нового поколения.

4. Разработанный гибридный метод оптимизации директивных технологических

процессов в АСНИ высоких и критических технологий на основе применения искусственных нейронных сетей Элмана и метода нечеткой логики позволяет осуществлять многокритериальную оптимизацию проектных и директивных технологических процессов (технологических инноваций) для обеспечения в ходе инновационного проектирования постановки на производство новых изделий (продуктовых инноваций).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Нейронечеткий метод управления развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении // Инновации. 2011. № 10. С. 98–104
2. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Управление развитием высоких и критических технологий в авиадвигателестроении // Технология машиностроения. 2011. № 6 (108). С. 31–37
3. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Закономерности развития авиационной техники и технологий // Полет. 2009. № 5. С. 52–59
4. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Инновационные закономерности развития авиационной техники и технологий // Инновации. 2009. № 2 (124). С. 63–70
5. Селиванов, С. Г., Поезжалова, С. Н. Сопоставительный анализ инновационных закономерностей развития авиационных двигателей // Вестник УГАТУ. 2010. Т. 14, № 3. С. 72–83
6. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Метод математического моделирования и структурной оптимизации единых технологий в инновационных проектах // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 12, № 2 (31). С. 93–102
7. Селиванов С. Г., Поезжалова С. Н. Функциональное моделирование инновационных проектов высоких и критических технологий в авиадвигателестроении. // Вестник УГАТУ. 2011. Т. 15, № 2 (42). С. 140–152
8. Рекуррентные сети и методы оптимизации проектных технологических процессов в АСПП машиностроительных производств / С. Г. Селиванов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2011. Т.15, № 5(45). С. 36–46
9. Selivanov S. G., Pोजezjalova S. N. The neural-fuzzy management method of development of high and critical technologies in engine-building manufacture (CSIT'2010) // Proceedings of the 12th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. 2010. Vol. 1. Russia, Moscow – St. Petersburg. P. 102–107.
10. Selivanov S. G., Pोजezjalova S. N. The intellectual system of development of directive technological processes in mechanical engineering (CSIT'2011) // Proceedings of the 13th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. 2011. Vol. 1. Bavaria, Germany – Garmisch-Partenkirchen. P. 80–83.

ОБ АВТОРАХ:

Селиванов Сергей Григорьевич, проф. каф. технол. машиностр. Дипл. инж. по автоматиз. и компл. механиз. машиностр. (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технол. маши-

ностр. (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технол. подг., реконстр., организ. пр-ва.

Поезжалова Светлана Николаевна, асс. той же каф. Дипл. спец. Канд. техн. наук (УГАТУ, 2012). Иссл. в обл. высоких и критических технологий авиадвигателестроения.

METADATA

Title: The ASNI of high and critical technologies of aviation engine-building

Authors: S. G. Selivanov¹, S. N. Poezjalova²

Affiliation:

^{1, 2}Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹S.G.Selivanov@mail.ru, ²Poezjalova@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), Vol. 17, No. 2 (55), pp. 42-49, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The automated system of scientific researches (ASNI) of high and critical technologies of aviation engine-building for design and creation of aviation engines of the new generation is presented. It allows to show action sequence on performance of researches for maintenance of research and development with means of innovative designing of aviation engines. The uniform technologies of aviation engines of new generation are developed and also the dependences and regularities which allow to optimize directive technological processes in aviation engine-building for creation of competitive production are revealed.

Key words: Functional model; change of generations of engines of fighter aircrafts ; high, critical and uniform technologies; directive technological processes; patent statistics; a kernel of decisions; multicriteria optimization; sigmoid; the innovative project

References (English Transliteration):

1. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Neuroindistinct method of control over development of high and critical technologies in aviation engine-building // Innovations. 2011 . No. 10. P. 98-104.
2. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Management of development of high and critical technologies in aviation engine-building // Technology of mechanical engineering. 2011. No. 6 (108). P. 31-37.
3. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Regularities of development of the aircraft equipment and technologies//Weeds. 2009. No. 5. P. 52-59.
4. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Innovative regularities of development of the aircraft equipment and technologies // Innovations. 2009. No. 2 (124). P. 63-70.
5. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Comparative analysis of innovative regularities of development of aviation engines // Vestnik UGATU. 2010. Vol. 14 . No. 3. P. 72-83.
6. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. Method of mathematical modeling and structural optimization of uniform technologies in innovative projects // Vestnik UGATU. 2009. Vol.12, No. 2 (31). P. 93-102.
7. S. G.Selivanov, S. N. Poezjalova. Functional modeling of innovative projects of high and critical technologies in engine-building // Vestnik UGATU. 2011 . Vol. 15, No. 2 (42). P. 140-152.
8. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova, O. A. Borodkina, K. S. Kuznetsova. Recurrent networks and methods of optimization of design technological processes in ASTPP of machine-building productions // Vestnik UGATU. 2011. Vol. 15, No. 5 (45). P. 36-46.
9. S. G. Selivanov, S. N. Poezjalova. The neural-fuzzy management method of development of high and critical technologies in engine-building manufacture (CSIT '2010) / Proceedings of the 12th International Workshop on Computer Science and Information Technologies.2010.Volume 1. Russia, Moscow – St. Petersburg. P. 102-107.
10. S.G. Selivanov, S. N. Poezjalova. The intellectual system of development of directive technological processes in mechanical engineering (CSIT'2011) // Proceedings of the 13th International Workshop on Computer Science and Information Technologies. 2011.Volume 1. Bavaria, Germany – Garmisch-Partenkirchen. P. 80-83.

About authors:

1. Selivanov, Sergey Grigorievich, Doctor of Technical Sciences, professor, the honored worker of science of RB, the author more than 350 publications, including textbooks for higher education institutions (2), monographs (7), manuals (6), State standards (5), techniques of all-machine-building application (12), foreign editions (12). The professor of the Ufa state aviation technical university.
2. Poezjalova, Svetlana Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences (UGATU, 2012), assistant of technology of mechanical engineering department, the author of 15 scientific articles in the VAK Russian Federation editions. The researches in the region of high and critical technologies of aviation engine-building.