

ЭИО-21

Представление на конкурс «Авиастроитель года»  
в номинации «Лучший инновационный проект»

Поисковый анализатор испытаний

Пояснительная записка

**1. Фамилия, имя, отчество**

Медяков Олег Евгеньевич, начальник расчетной бригады.

Новиков Артем Владимирович, ведущий инженер-программист.

**2. Наименование работы**

Поисковый анализатор испытаний.

**3. Актуальность представленной работы**

Возрастание требований к техническим характеристикам двигателей многоцелевых самолетов ведет к увеличению объема и сложности испытаний. Поэтому разработка новой технологии автоматического анализа огромного объема данных, включающего математические модели новых образцов двигателей, позволяет оперативно проводить анализ испытаний, поиск корреляционных связей между параметрами и закономерностей аварийных ситуаций, что повышает эффективность доводки двигателя и является актуальной задачей.

Уменьшить продолжительность испытаний на этапах доводки параметров конструкции и получения требуемых характеристик двигателя возможно путем создания виртуальной среды позволяющей с помощью математических моделей, с учетом ранее полученных результатов, прогнозировать и оптимизировать характеристики двигателя и его узлов.

**4. Краткая аннотация работы**

Разработка поискового анализатора, включающего математическую модель двигателя, позволяет обрабатывать данные непрерывной записи множества запусков, общей длительностью до 10000 часов, поиск и подсчет заданных пользователем условий испытаний и значений измеряемых параметров. Поисковый анализатор позволяет определять параметры изделий по результатам испытаний, рассчитывать значения анализируемых параметров, отбраковывать некондиционные параметры, по входным параметрам и алгоритмам проводить поиск и определять заданные условия испытаний, оценивать результаты поиска и подсчитывать время выполнения условий. ПАИ оперативно анализирует получаемые экспериментальные данные, сокращает затраты на его проведение, является важнейшей задачей при испытаниях авиационных двигателей. **Целью**

данной работы является разработка инновационной методологии поиска и анализа корреляционных связей параметров ГТД, позволяющей значительно повысить эффективность экспериментальной доводки, путем уменьшения затрат времени и средств на проведения испытаний, а также для предотвращения аварийных ситуаций, с помощью поиска предшествующих им закономерностей.

Поисковый анализатор испытаний (Медяков О.Е., Новиков А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017664269) разработан авторами в программной среде разработки виртуальных приборов NI LabVIEW. Блок-схема работы ПАИ приведена ниже.



Блок-схема работы поискового анализатора.

В основе поискового анализатора лежит быстродействующая полиномиальная математическая модель рабочего процесса двигателя, разработанная с применением регрессивного анализа и метода малых отклонений (Медяков О.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы

для ЭВМ №2012660837). Предварительно создается адаптивно-режимная база данных стендовых испытаний (Марчуков Е.Ю., Медяков О.Е. Патент на изобретение №2486723). Анализатор проводит поиск и измерение параметров работы объекта испытаний на различных режимах, вычисляет параметры работы объекта испытаний по методическим инструкциям, эталонной программе методики расчета ГТД (Медяков О.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012616143), регистрацию измеренных и расчетных параметров в файлы данных. Разработаны методы слежения, предупреждения и защиты (Медяков О.Е., Новиков А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013615205) и оповещения на базе информационно-вычислительного комплекса (Медяков О.Е., Новиков А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017663642). Предварительно разрабатывается алгоритм поиска характерных промежутков времени, в которые происходит корреляция измеренных и расчетных параметров, удовлетворяющая заданным условиям, включающий математическую модель взаимодействия измеренных и расчетных параметров. С помощью программы расчёта параметров газотурбинного двигателя в процессе стендовых испытаний (Медяков О.Е., Новиков А.В., Ямщикова О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618805) определяются значения основных параметров. Задаются минимальные и максимальные граничные характеристики, определяющие диапазон выполнения условий корреляции параметров, а также коэффициенты влияния режимов работы двигателя или его узлов на граничные характеристики, после чего, с помощью соответствующего программного обеспечения, производится автоматизированный анализ зарегистрированных файлов данных в течение всех предыдущих испытаний данного двигателя, на соответствие сформированному алгоритму поиска, результатом которого являются протоколы, содержащие информацию обо всех найденных, соответствующих условиям, временных промежутках, на основании которых либо вносятся изменения в алгоритм поиска и производится повторный анализ, либо формируется корректирующее воздействие на исходную цель проведения испытаний. В режиме реального времени для поиска некондиционных измерений и исключения использования их значений используются программный комплекс «Искандер-анализ» (Медяков О.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012617573) и стендовая программа обеспечения испытаний и обработки данных ГТД (Медяков О.Е., Новиков А.В., Ямщикова О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018614865). ПАИ также используется для анализа испытаний узлов ГТД с помощью стендовой программы обеспечения испытаний энергоузла стенда (Медяков О.Е., Новиков А.В., Ямщикова О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019611001) и программы расчёта параметров газогенератора (Медяков О.Е., Новиков А.В., Ямщикова О.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019611002).

Таким образом, **решена важная научно-техническая задача** современного авиационного двигателестроения – повышение эффективности доводки двигателя и недопущение аварийных ситуаций с помощью создания новой технологии автоматического поиска и анализа корреляционных связей параметров ГТД в базе данных испытаний огромного объема.

## **5. Практическое применение**

Разработанный авторами ПАИ внедрен на испытательные стенды Т-1, Т-2, Т-3, Т-4, ЛКС ЭИО-21 ЛМЗ. С его помощью анализируются и обрабатываются созданная электронная база данных.

Реализован поиск закономерностей путем автоматизированного анализа корреляционных связей параметров на всей библиотеке данных испытаний двигателей данной серии.

Применение изобретения позволяет сократить время и снизить нерациональные затраты на разработку и создание двигателей, за счет исключения многократной повторяемости испытаний и повышения информативности проводимых испытаний, а также обеспечения широкого использования программных продуктов математического моделирования для оптимизации рабочих характеристик двигателя на всех этапах его жизненного цикла.

Программное обеспечение “Поисковый анализатор испытаний” обеспечивает следующий коммерческий потенциал:

1. ПАИ сокращает время анализа огромного объема запусков. Так, например, для анализа работы противообледенительной системы на ресурсных испытаниях изделий 117 и 117С необходимо обработать, проанализировать и запротоколировать 6000 часов ресурсных испытаний. Время обработки, анализа и создания отчета запуска, длительностью один час, занимает 20 минут работы инженера. Обработка 6000 часов запусков займет 2000 часов (250 человеко-дней). Бригада в составе пяти человек обработает за 2 месяца. При средней зарплате инженера 47000 рублей затрата на данную работу составит 470000 рублей. ПАИ данную работу проведет за 20 часов автономно, без участия специалиста. Если один раз в месяц выполнять хотя бы пять аналогичных задач, то за год экономия средств составит 28,2 млн. рублей.

2. Применение ПАИ позволяет сокращать количество запусков и постановок, исключая многократную повторяемость испытаний, за счет повышения информативности обработок, формирования библиотеки зарегистрированных файлов данных, полученных в течение всех предыдущих испытаний данного двигателя и других двигателей данной серии, сформированных по типу испытаний и достигнутым потребительским свойствам. Например, при проведении ресурсных испытаний, наработка на режимах М, МУ, Ф, ФУ, ОР, количество запусков с АЗВ и до МГ строго определены в инструкциях. Количество приемистостей и сбросов, плавных выходов и снижений частоты вращения, должно составлять 10441. Точно рассчитать наработку и количество запусков крайне затруднительно, учитывая человеческий фактор при проведении ресурсных испытаний. Применяя ПАИ, можно оперативно и точно

определить наработку на всех режимах и количество запусков с определенными характеристиками. Таким образом, в конце проведения ресурсных испытаний можно точно определить выполнение всех заданий в обеспечение ресурса двигателя. Это дает возможность сократить количество запусков. Средний расход топлива при стендовых испытаниях составляет 7 тонн в час. Стоимость топлива, расходуемого на двухчасовой запуск, при средней цене 40 рублей, составит 560000 рублей. При сокращении количества испытаний хотя бы на пять двухчасовых запусков в месяц, за год экономия составит 33,6 млн. рублей.

Рыночными перспективами проекта является внедрение ПАИ в конструкторских бюро предприятий двигателестроения для анализа стендовых и летных испытаний. Исходя из вышеизложенного анализа экономической эффективности, применение ПАИ на одном предприятии может экономить, учитывая только экономию на зарплате одной бригады и топливе, минимум 61,8 млн. рублей в год.

## **6. Преимущества применения ПАИ**

1. Повышение эффективности анализа экспериментальной доводки двигателя.
2. Уменьшение затрат времени и снижение нерациональных затрат на проведение испытаний.
3. Предотвращение аварийных ситуаций, с помощью поиска предшествующих им закономерностей.
4. Исключение многократной повторяемости испытаний.
5. Повышение информативности проводимых испытаний.
6. Обеспечение широкого использования программных продуктов математического моделирования для оптимизации рабочих характеристик двигателя на всех этапах его жизненного цикла.

## **7. Достижения ПАИ**

За разработку “Поискового анализатора испытаний” Медяков О.Е. стал обладателем стипендии Президента РФ, грант в секции «Авиационные системы, комплексы и перспективные материалы» в номинации «За выдающиеся достижения при создании прорывных технологий и разработке современных образцов вооружения, военной и специальной техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства» за 2018г.

За разработку “Поискового анализатора испытаний” Новиков А.В. стал обладателем стипендии Президента РФ, грант в секции «Авиационные системы, комплексы и перспективные материалы» в номинации «За значительный вклад в создание прорывных технологий и разработку современных образцов вооружения, военной и специальной техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства» за 2018г.

На всемирном конкурсе изобретателей «World genius convention» в 2018 году в городе Токио, Япония, “Поисковый анализатор испытаний” получил бронзовую медаль.

На «IX Всероссийской научно-технической конференции молодых специалистов» в 2018 году в городе Уфа, Новиков А.В. с докладом “Поисковый анализатор испытаний” в секции «Информационные технологии» завоевал первое место.

