

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
управляющего директора-
генерального конструктора-
начальник ОКБ

АО «ОДК-Авиадвигатель»

Т.Н. Хайрулин

2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель»

Диссертация «Автоматизация процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора при проведении его испытаний для имитации работы контура низкого давления турбореактивного двухконтурного двигателя» выполнена в акционерном обществе «ОДК-Авиадвигатель» в отделение систем автоматического управления.

В период подготовки диссертации соискатель Грибков Игорь Николаевич работал в акционерном обществе «ОДК-Авиадвигатель» в должностях инженера, заместителя начальника отдела, начальника отдела в отделе проектирования систем автоматического управления отделения систем автоматического управления.

В 2009 году с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)».

В 2015 году окончил аспирантуру очной формы обучения государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» по научной специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (период обучения 01.06.2012 по 30.06.2015).

Научный руководитель – академик РАН, доктор технических наук, профессор Иноземцев Александр Александрович, работает управляющим директором-генеральным конструктором акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получение результатов, изложенных в диссертации, заключается в разработке комплексной многопараметрической математической модели технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе в газогенератор турбореактивного двухконтурного двигателя при проведении его испытаний, разработке алгоритмов автоматизации рассматриваемого технологического процесса испытаний газогенератора и их реализации, разработке способа экспериментального исследования предложенных алгоритмов автоматизации технологического процесса испытаний газогенератора с использованием оригинальной высокопроизводительной установки полунатурного моделирования, обработке и интерпретации основных результатов исследования.

2. Научная новизна результатов диссертации заключается в разработке оригинальной комплексной математической модели технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе в газогенератор турбореактивного двухконтурного двигателя, что позволяет исследовать особенности технологического процесса на установившихся и неустойчивых режимах работы, а также разработке оригинальных алгоритмов автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе в газогенератор турбореактивного двухконтурного двигателя с использованием теории нечеткой логики и независимым управлением на основе эталонных математических моделей газогенератора и технологического двигателя, что позволяет сократить длительность и трудоемкость испытаний.

3. Степень достоверности результатов диссертации обеспечивается непротиворечивостью и высокой воспроизводимостью теоретических результатов, совпадением теоретических результатов с экспериментальными данными испытательного комплекса для научно-исследовательских испытаний газогенераторов семейства перспективных турбореактивных двухконтурных

двигателей ПД в АО «ОДК-Авиадвигатель», использованием метрологически аттестованного измерительного оборудования.

4. Практическая значимость и ценность результатов диссертации заключается в использовании созданных математических моделей и алгоритмов автоматизации при создании впервые в отрасли малогабаритной системы имитации параметров полноразмерного двигателя на входе в испытуемый газогенератор от одного технологического двигателя для проведения научно-исследовательских испытаний газогенераторов семейства перспективных турбореактивных двухконтурных двигателей ПД в АО «ОДК-Авиадвигатель». Это позволило при минимальных финансовых и временных затратах по сравнению с другими вариантами испытаний, обеспечить наибольшую оперативность и гибкость проведения доводочных, исследовательских, а также части сертификационных испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя ПД-14.

5. Диссертация соответствует научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов по п. 10. Методы испытания двигателей, их элементов и агрегатов, системы автоматизированного сбора, обработки и анализа экспериментальных данных, включая комплексную автоматизацию стендовых испытаний, п. 13. Математическое моделирование рабочих процессов, характеристик, динамических процессов, рабочих состояний двигателей и энергетических установок, стадий и этапов их жизненного цикла (создания, производства, эксплуатации и утилизации), п. 22. Методы и средства экспериментальных способов определения статических и динамических характеристик систем автоматического управления двигателями; способы оптимального построения систем управления; способы оптимальной передачи информации в системах автоматического управления двигателями, п. 23. Разработка методов расчета термогазодинамических и теплофизических процессов в двигателях и энергосиловых установках летательных аппаратов, их элементах, п. 25. Методы расчёта, проектирования и конструирования стендовых систем и систем для модельных и натурных испытаний двигателей и энергоустановок летательных аппаратов, их элементов.

6. Основные положения диссертации опубликованы в 24 работах. В их числе 3 в научных изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, 7 в научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 4 патента на изобретение и 1 свидетельство регистрации программы ЭВМ.

1. Inozemtsev A. On the Methods of Implementing the Turbofan Core Test Process Control Logic with Simulation of the Target Thermodynamic Parameters in the Conditions of the Engine OEM's Facility / A. Inozemtsev, I. Gribkov, B. Kavalero, I. Shmidt, I. Bakhirev, I. Ziyatdinov // 2021 International Scientific and Technical Engine Conference, Samara – С. 1-6. – DOI 10.1109/EC52789.2021.10016806.

В статье соискателем показаны особенности технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора при проведении его испытаний как объекта автоматизации, а также представлен анализ различных способов алгоритмического обеспечения рассматриваемого технологического процесса испытаний газогенератора.

2. Inozemtsev A. The Fuzzy Logic in the Problems of Test Control of a Bypass Turbojet Engine Gas Generator / A. Inozemtsev, A. Petrochenkov, V. Kazantsev, I. Shmidt, A. Sazhenkov, D. Dadenkov, I. Gribkov, P. Ivanov // Mathematics. – 2022. – Т. 10. – №. 3. – С. 484.

В статье соискателем показаны алгоритмы автоматизации процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя, рассмотрена реализация алгоритмов автоматизации на основе теории нечеткой логики, а также представлены результаты экспериментального исследования алгоритмов автоматизации.

3. Shmidt, I. A. Simulation Complex for Debugging of Control Algorithms of the Test Bench / I. A. Shmidt, P. V. Ivanov, I. N. Gribkov // Journal of Physics: Conference Series : 2, Perm, 17–18 декабря 2020 года. – Perm, 2021. – С. 012005. – DOI 10.1088/1742-6596/1886/1/012005.

В статье соискателем рассмотрены основные положения экспериментального исследования алгоритмов автоматизации процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного

двухконтурного двигателя с использованием оригинальной высокопроизводительной установки полунатурного моделирования.

4. Грибков, И. Н. Математическая модель технологического процесса испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя / И. Н. Грибков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2023. – №2 – С. 42-52.

В статье соискателем рассмотрена комплексная многопараметрическая математическая модель процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя, а также представлены результаты сравнения математического моделирования и экспериментальных данных.

5. Иноземцев, А.А. Алгоритмический метод повышения отказоустойчивости системы автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя / А.А. Иноземцев, Н.Г. Ламанова, А.Н. Саженов, И.Н. Грибков, А.С. Плешивых // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2022. – №2 – С. 179-183.

В статье соискателем рассмотрен алгоритмический метод повышения отказоустойчивости системы управления сложным техническим объектом двигателестроения на примере турбореактивного двухконтурного двигателя с использованием оптимальных наблюдателей.

6. Иноземцев, А.А. Научно-исследовательские испытания газогенератора перспективного турбореактивного двухконтурного двигателя с имитацией требуемых входных термогазодинамических параметров в условиях моторостроительного предприятия / А.А. Иноземцев, С.В. Горопчин, И.Н. Грибков, М.Д. Галлямов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2021. – №65 – С. 28-37.

В статье соискателем представлен анализ основных способов испытаний газотурбинных двигателей с имитацией эксплуатационных условий, а также

показаны особенности испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя с имитацией эксплуатационных условий.

7. Килин, Г.А. Перспективы нейросетевого моделирования для полунатурных испытаний систем автоматического управления сложными техническими объектами двигателестроения / Г.А. Килин, Б.В. Кавалеров, А.И. Суслов, И.Н. Грибков, А.С. Плещивых // Автоматизация в промышленности. – 2021, – №6 – С. 13-16.

В статье соискателем представлен способ разработки математической модели сложного технического объекта двигателестроения с использованием нейросетевых технологий.

8. Иноземцев, А.А. Синтез оптимального наблюдателя при отсутствии априорной информации о характеристиках шума возмущения системы автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя / А.А. Иноземцев, Н.Г. Ламанова, А.Н. Саженов, И.Н. Грибков, А.С. Плещивых // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2020, – №63 – С. 70-79.

В статье соискателем рассмотрен способ повышения отказоустойчивости системы управления сложным техническим объектом двигателестроения с использованием фильтра Язвинского, а также представлены результаты численного эксперимента.

9. Ламанова, Н.Г. Идентификация математической модели системы автоматического управления газотурбинного двигателя / Н.Г. Ламанова, А.С. Плещивых, И.Н. Грибков, А.И. Фатыков // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – №31 – С. 121-135.

В статье соискателем рассмотрен способ рекуррентной идентификации математической модели сложного технического объекта двигателестроения и представлен анализ результатов идентификации рассматриваемого способа.

10. Иноземцев, А.А. Синтез оптимального наблюдателя при отказах в канале измерения систем автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя / А.А. Иноземцев, Н.Г. Ламанова, А.Н. Саженок, И.Г. Лисовин, И.Н. Грибков, А.С. Плешивых // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2019. – №57 – С. 162-171.

В статье соискателем рассмотрен способ повышения отказоустойчивости системы управления сложным техническим объектом двигателестроения с использованием фильтра Калмана, а также представлены результаты численного эксперимента.

11. Пат. 2797897 С1 Российская Федерация, МПК G01M 15/14. Стенд автоматизированных испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя / Иноземцев А. А., Грибков И. Н., Лисовин И. Г., Саженок А. Н., Галлямов М. Д. ; заявитель и патентообладатель акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель». – № 2022128745 ; заявл. 07.11.2022; опубл. 09.06.2023, Бюл. № 16. – 12 с.

В патенте соискателем представлены алгоритмы автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя на основе эталонных математических моделей технологического двигателя и газогенератора.

12. Пат. 2789850 С1 Российская Федерация, МПК G05B 23/02. Способ исследования электронных систем управления сложными техническими объектами и стенд для исследования электронных систем управления сложными техническими объектами / И. Н. Грибков, И. Г. Лисовин ; заявитель и патентообладатель акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель». – № 2022120123/07 ; заявл. 22.07.2022; опубл. 14.02.2023, Бюл. № 5. – 10 с.

В патенте соискателем представлен способ экспериментального исследования алгоритмов сложным техническим объектом двигателестроения с использованием оригинальной высокопроизводительной установки полунатурного моделирования с независимой системой верификации испытаний.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021681222 Российская Федерация. Моделирующий комплекс технологического процесса испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя : № 2021680414 : заявл. 08.12.2021 : опубл. 20.12.2021 / И. А. Шмидт, П. В. Иванов, И. Г. Лисовин, И. Н. Грибков, Д. А. Даденков, А. Б. Петроченков, Б. В. Кавалеров ; заявитель акционерное общество «Объединенная двигателестроительная корпорация».

В свидетельстве соискателем представлена супервизорная информационно-управляющая система основных параметров процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя при проведении его испытаний.

14. Пат. 187791 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/04. Стенд для испытаний электронных агрегатов системы автоматического управления и контроля газотурбинного двигателя : № 2018139181 : заявл. 14.11.2017 : опубл. 19.03.2019 / И. Н. Грибков, А. А. Заборских, И. Г. Лисовин, Л. В. Мерзляков, А. И. Полулях ; заявитель акционерное общество "Объединенная двигателестроительная корпорация".

В патенте соискателем представлен способ экспериментального исследования алгоритмов сложным техническим объектом двигателестроения с использованием оригинальной установки полунатурного моделирования.

15. Пат. 2622588 C1 Российская Федерация, МПК G 01 M 15/14. Стенд для испытания газогенераторов турбореактивных двухконтурных двигателей / Иноземцев А. А., Галлямов М. Д., Двинских А. В., Грибков И. Н., Полулях А. И. ; заявитель и патентообладатель акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель». – № 2016122365 ; заявл. 06.06.2016 ; опубл. 16.06.2017, Бюл. № 17. – 7 с.

В патенте соискателем представлен способ испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя с подогревом и наддувом воздуха на его входе в условиях моторостроительного предприятия.

Остальные 9 работ опубликованы в материалах конференций.

16. Грибков, И. Н. Математическая модель технологического процесса испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя / И. Н. Грибков // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции, Пермь, 18-20 ноября 2021 года. – Пермь: Цифровые решения, 2021. – Т. 2. – С. 43-46.

17. Грибков, И. Н. Математическое моделирование технологического процесса научно-исследовательских испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя в условиях моторостроительного предприятия / И. Н. Грибков // Математическое моделирование : Тезисы II Международной конференции, Москва, 21–22 июля 2021 года. – М: Перо, 2021. – С. 96-98.

18. Грибков, И. Н. Методы реализации алгоритмов системы автоматизации испытаний газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя с имитацией требуемых входных термогазодинамических параметров в условиях моторостроительного предприятия / И. Н. Грибков, Б. В. Кавалеров, И. А. Шмидт // Проблемы и перспективы развития двигателестроения : Сборник докладов Международной научно-технической конференции, Самара, 23–25 июня 2021 года. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2021. – С. 339-340.

19. Грибков, И. Н. Разработка систем автоматического управления сложными техническими объектами авиадвигателестроения с использованием технологии модельно-ориентированного проектирования / А. А. Иноземцев, В. П. Казанцев, И. Н. Грибков // Международная научно-техническая конференция по авиационным двигателям: Сборник тезисов, Москва, 18-21 мая 2021 года. – Москва: ЦИАМ им. П. И. Баранова, 2021. – Т. 1. – С. 20-23.

20. Грибков, И. Н. Экспериментальное исследование систем автоматического управления сложными техническими объектами двигателестроения / И. Н. Грибков // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. Материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, Пермь, 19-21 ноября 2020 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. – Т. 2. – С. 30-33.

21. Грибков, И. Н. Разработка системы управления испытаниями газогенератора / И. Н. Грибков, Ю. А. Трубников, А. И. Полулях // Авиадвигатели XXI века : Сборник тезисов Всероссийской научно-технической конференции Авиадвигатели XXI века, Москва, 24-27 ноября 2015 года. – М.: ЦИАМ, 2015. – С. 850-852.

22. Грибков, И. Н. Автоматизация испытаний унифицированного газогенератора / И. Н. Грибков, М. Д. Галлямов // Новые решения и технологии в газотурбостроении : Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, Москва, 26-28 мая 2015 года. – М.:ЦИАМ, 2015. – С. 298-300.

23. Грибков, И. Н. Контроль устойчивости технологического компрессора системы подогрева и наддува испытываемого газогенератора / И. Н. Грибков, А. И. Полулях // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации : Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции, Пермь, 4-6 июня 2014 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2015. – С. 61-63.

24. Грибков, И. Н. Система автоматического управления подогревом и наддувом испытуемого газогенератора / И. Н. Грибков, А. И. Полулях // Научно-технический конгресс по двигателестроению : Сборник тезисов научно-технического конгресса по двигателестроению, Москва, 15-17 апреля 2014 года. – М.: Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения», 2014. – С. 228-230.

7. Диссертация Грибкова И.Н. отвечает требованиям, установленным п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация «Автоматизация процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора при проведении его испытаний для имитации работы контура низкого давления турбореактивного двухконтурного двигателя» Грибкова Игоря Николаевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Заключение принято на заседании научно-технического совета акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель» от 07.11.2023 г. Присутствовало на заседании 48 чел. Результаты голосования: «за» - 48 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №ПР-1207-2023 от 07.11.2023 г.

Ученый секретарь

научно-технического совета

АО «ОДК-Авиадвигатель», к.т.н.

Саженов Алексей Николаевич