

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18
по диссертации Грибкова Игоря Николаевича
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Автоматизация процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора при проведении его испытаний для имитации работы контура низкого давления турбореактивного двухконтурного двигателя» по научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите «22» декабря 2023 г. (протокол заседания № 17) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.18, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «5» октября 2022 г. № 93-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена в акционерном обществе «ОДК-Авиадвигатель» в отделении систем автоматического управления.

Научный руководитель: Иноземцев Александр Александрович, академик РАН, доктор технических наук, профессор, управляющий директор – генеральный конструктор акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель».

Официальные оппоненты:

Арбеков Александр Николаевич, доктор технических наук (05.04.12 - Турбомашины и комбинированные турбоустановки), доцент, профессор кафедры газотурбинных двигателей и комбинированных установок федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Москва),

Григорьев Владимир Алексеевич, доктор технических наук (05.07.05 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов), профессор, профессор кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачева федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва (отзыв ведущей организации утвержден 31.01.2024 г. и.о. проректора по научной работе, д-ром техн. наук, проф. Равиковичем Юрием Александровичем, составлен и подписан заведующим кафедрой «Теория воздушно-реактивных двигателей», д-ром техн. наук, с.н.с. Агульником Алексеем Борисовичем; диссертация обсуждена на заседании кафедры «Теория воздушно-реактивных двигателей», протокол №5 от 25.01.2024 г.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается областью их компетентности и научной деятельностью, связанной с испытаниями газотурбинных двигателей, в том числе в части математического и алгоритмического обеспечения испытаний газотурбинных двигателей с имитацией эксплуатационных условий.

На автореферат и диссертацию поступило 8 отзывов, все отзывы положительные, авторы отзывов: д-р техн. наук, проф. Мингазов Биалал Галавтдинович, профессор кафедры реактивных двигателей и энергетических установок Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ»; д-р техн. наук, проф. Ахмедзянов Дмитрий Альбертович, декан факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта Уфимского университета науки и технологий; канд. техн. наук, доц. Яковлев Алексей Борисович, заведующий кафедрой «Авиа- и ракетостроение» и д-р техн. наук, проф. Кузнецов Виктор Иванович, профессором кафедры «Авиа- и ракетостроение» Омского государственного технического университета; канд. техн. наук Брыкин Борис Витальевич, ведущий конструктор ОКБ им. А. Люльки – филиал ПАО «ОДК-УМПО»; канд. техн. наук Титов Юрий Константинович, заместитель начальника отдела АО «ОДК-СТАР»; ФАУ «Центральный институт авиационного машиностроения имени П.И. Баранова» (отзыв утвержден д-ром технических наук, проф. Гуревичем Оскаром Соломоновичем, заместителем

генерального директора – директором исследовательского центра «САУ двигателей», подписан канд. техн. наук Сметаниным Сергеем Анатольевичем, начальником отдела «Методы и системы автоматического управления авиационными силовыми установками», и канд. техн. наук Гулиенко Анатолием Ивановичем, начальником отдела «Аппаратура систем автоматического управления авиационными силовыми установками»); ПАО «ОДК-Кузнецов» (отзыв утвержден канд. техн. наук Чупиным Павлом Владимировичем, генеральным конструктором, подписан канд. техн. наук Кочеровым Евгением Павловичем, экспертом); ОКБ «Мотор» (отзыв утвержден Кузьминым Сергеем Владимировичем, заместителем генерального конструктора – директором, подписан канд. техн. наук Лоскутниковым Александром Александровичем, главным конструктором, и канд. техн. наук Каримовым Тимером Расиховичем, ведущим инженером-конструктором отдела «Перспективные разработки»).

По теме диссертации соискателем опубликовано двадцать четыре научных работы, включая три научных статьи в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, семь научных статей в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени, получено четыре патента на изобретение и одно свидетельство регистрации программы ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных работах. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. 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. – №. 3. – P. 484. (Scopus)

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.

2. 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 (EC), Samara, Russian Federation, – 2021. – Pp. 1-6.
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10016806> (Scopus)

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.

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, Perm – 2021. – Vol. 1886. art. N 012005, URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1886/1/012005>. (Scopus)

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. (Перечень)

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

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.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя, учитывающие комплексное управление газогенератором, технологическим двигателем и воздухопроводом на основе эталонных математических моделей в режиме реального времени;

предложено математическое описание технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя, учитывающее газодинамическое взаимовлияние газогенератора, технологического двигателя и воздуховода на установившихся и неуставившихся режимах работы;

доказана эффективность полунатурного моделирования для экспериментального исследования алгоритмов автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя с учетом результатов проводимого экспериментального исследования в режиме реального времени.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказана** эффективность автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора для снижения материальных и временных затрат при создании современного турбореактивного двухконтурного двигателя. Применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы аналитического, численного и полунатурного моделирования;

изложены идеи математического и алгоритмического обеспечения технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя;

раскрыты проблемы системной автоматизации процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя;

изучены особенности взаимодействия предложенных алгоритмов автоматизации и существующей информационно-управляющей системы испытательного комплекса;

проведена разработка математического и алгоритмического обеспечения технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора турбореактивного двухконтурного двигателя.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработано и внедрено математическое и алгоритмическое обеспечение технологического процесса испытаний газогенератора современного турбореактивного двухконтурного двигателя;

определены пределы и перспективы практического использования результатов исследования на практике;

созданы методические рекомендации по автоматизации процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора при проведении его испытаний;

представлены результаты апробации алгоритмов автоматизации технологического процесса подогрева и наддува воздуха на входе газогенератора в условиях моторостроительного предприятия акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана высокая воспроизводимость результатов исследования в различных условиях, полученных с использованием сертифицированного оборудования;

теория построена на известных фундаментальных физических законах механики и термодинамики, теории автоматического управления;

идея базируется на анализе передового опыта по теме исследования;

использовано сравнение данных соискателя и данных, полученных ранее по рассматриваемой теме исследования с помощью современных методов сбора и обработки информации;

установлено качественное совпадение результатов соискателя с результатами, представленными в независимых источниках по теме исследования.

Личный вклад соискателя состоит в:

формулировке цели, задач и обосновании выбора методов исследования;

разработке и исследовании соответствующих математических моделей и алгоритмов автоматизации;

получении, обработке и интерпретации основных результатов исследования.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая

соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09.12.2021 г. № 4334-В: в ней изложены и научно обоснованы решения математического и алгоритмического обеспечения процесса испытаний газогенератора с имитацией эксплуатационных условий, которые имеют важное значение при создании современного турбореактивного двухконтурного двигателя для отрасли гражданского авиадвигателестроения.

На заседании 1 марта 2024 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.18 принял решение присудить *Грибкову Игорю Николаевичу* ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 1).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» присуждение ученой степени – 13, «не участвующих в голосовании» – нет.

Председатель

диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18.

д-р техн. наук, проф.

Модорский Владимир Яковлевич

Ученый секретарь

диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18,

д-р техн. наук, проф.

Нихамкин Михаил Шмерович

«5» марта 2024 г.

М.П.

