

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Калюлина Станислава Львовича

«Расчетно-экспериментальное моделирование процессов обледенения элементов авиационных двигателей при вибрациях», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Исследование обледенения подразумевает неразрывность экспериментальных исследований и математического моделирования процессов обледенения на элементах летательных аппаратов. Для исследования условий возникновения и процессов формирования ледяных наростов, их разрушения в результате действия набегающего потока, вибраций и применения противообледенительных систем, разрабатываются методы физического и численного моделирования.

Автор рассматривает вопросы действия вибраций при обледенении, что является актуальной задачей, поскольку они могут существенно влиять на массу льда. Для получения высокой точности конечного решения задачи автором были успешно получены качественные решения аэродинамических и гидравлических задач для течений воздуха с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями, сопряженного теплообмена, фазового перехода и задач взаимодействия деформируемой конструкции с многофазным воздушным потоком. Найденные формы ледяных наростов достаточно хорошо согласуются с результатами других исследователей, при этом ходе проведения численных экспериментов выявлены существенные факторы, влияющие на обледенение.

В качестве научной новизны можно отметить выявленное в ходе математического моделирования нелинейное влияние вибраций на обледенение конструкции аэродинамического профиля с учетом набегающего газодинамического потока в диапазоне частот от 30 Гц до 60 кГц. Автором исследованы механизмы и получены количественные зависимости параметров обледенения при вибрациях для различных отношений скорости набегающего потока к виброскорости аэродинамического профиля, что важно с практической значимости.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 16 научных работах, докладывались и обсуждались на научных конференциях; полученные

результаты были апробированы при выполнении грантов РФФИ и РФФИ, а также хозяйственных работ.

В качестве замечания можно отметить следующее. Автор использует модель турбулентности Спаларта-Аллмараса, однако выбор именно такой модели в тексте автореферата не обоснован. Также в явном виде не приводится уравнение указанной модели турбулентности, которая, вообще говоря, может содержать ряд поправок, расширяющих ее область применимости (поправка на кривизну и вращение, на шероховатость и др.).

### Заключение

Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также требованиям Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденного приказом ректора ПНИПУ №4334В от 9 декабря 2021 г., а ее автор Калюлин Станислав Львович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Профессор кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ) доктор технических наук, доцент

Баркалов Константин Александрович

14.09.2023

Адрес: 603022, г.Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23  
Рабочий телефон: +7 (831) 462-33-56  
Адрес электронной почты: konstantin.barkalov@itmm.unn.ru

