



Государственная корпорация  
по космической деятельности «Роскосмос»

Государственный научный центр Российской Федерации –  
федеральное государственное унитарное предприятие

**«Исследовательский центр  
имени М.В.Келдыша»**

**(ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)**

Онежская ул, д. 8, г. Москва, Россия, 125438

Тел. +7 (495) 456-4608 Факс: +7 (495) 456-8228

ОКПО 07547339 ОГРН 1027700482303 ИНН/КПП 7711000836/774301001  
kerc@elnet.msk.ru; http://www.kerc.msk.ru

03.12.2018 № 48-24/63

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

ФГБОУ ВПО

«Московский авиационный институт»  
(национальный исследовательский  
университет)

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д 212.125.08  
доктору технических наук  
Зуеву Ю.В.

Волоколамское шоссе, д. 4  
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Сидху Джуниор Саржит Сингх «Волновое сопротивление каналов сложных форм с ромбической рельефной структурой поверхности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Приложение: отзыв на автореферат на 2 л. в 2 экз.

Ученый секретарь  
кандидат военных наук

Ю.Л. Смирнов

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № \_\_\_\_\_  
" 14 " 12 20 18

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сидху Джуниор Саржит Сингх «Волновое сопротивление каналов сложных форм с ромбической рельефной структурой поверхности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Сидху Джуниор Саржит Сингх посвящена актуальной теме – исследованию волнового сопротивления рельефных стенок соплового насадка, возникающих при их обтекании сверхзвуковым потоком газа.

Новизна работы состоит в том, что в рамках линейной теории с помощью известных программных продуктов решена задача сверхзвукового обтекания газовым потоком внутренней стенки соплового насадка, у которой ромбический рельеф её обтекаемой поверхности аппроксимирован в виде суммы двух плоских синусоидальных волн.

В результате было показано существование волнового сопротивления, возникающего при сверхзвуковом обтекании внутренней стенки соплового насадка с ромбическим рельефом и зафиксировано резкое возрастание потерь удельного импульса тяги двигателя.

Автором выполнено численное исследование с привлечением сертифицированной программы «ANSYS» волнового сопротивления, возникающего при обтекании сверхзвуковым потоком плоского соплового насадка с ромбическим рельефом при разных углах ромба. Для проведения расчетов автором предложена математическая модель расчета течения и сформулированы граничные условия. Под эту задачу была разработана расчетная сетка, учитывающая особенности рельефа поверхности.

Сравнение результатов расчета величины силы волнового сопротивления стенки соплового насадка с ромбическим рельефом с известными экспериментальными воздушными продувками по обтеканию пластин с рельефной поверхностью дало удовлетворительное согласование.

В работе есть недостатки, среди которых следует отметить основные.

1. Плоская аппроксимация пространственных ромбовидных структур является достаточно грубой и может завышать прогнозируемые результаты,
2. Автором выбрана единственная ромбовидная форма следов деформации сопла в процессе его разгара. При этом другие формы рельефа такие, как продольные следы от вихрей Тейлора-Гёртлера, ячеистые регулярные структуры в виде углублений на стенке сопла, автором не учитываются, что также может существенно повлиять на величину потерь удельного импульса тяги.
3. В диссертации отсутствуют экспериментальные данные по исследованию

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. №  
14 12 2018



волнового сопротивления, проведенные лично автором.

Но несмотря на сделанные замечания и учитывая исключительную сложность рассматриваемой задачи, в целом, диссертационная работа Сидху Джуниор Саржит Сингх может квалифицироваться как законченная работа, содержащая новое решение научно-технической задачи – разработку методов по учету волнового сопротивления при проектировании реактивных сопел с высотными насадками, имеющих практическое значение для развития ракетного двигателестроения.

Представленная диссертация полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор – Сидху Джуниор Саржит Сингх заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Доктор технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, ведущий научный сотрудник отделения 1 ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

Юрий Михайлович Кочетков

03 декабря 2018 г.

Почтовый адрес: 125438, г. Москва, Онежская ул., д. 8

Контактный телефон: +7(499) 456-93-12

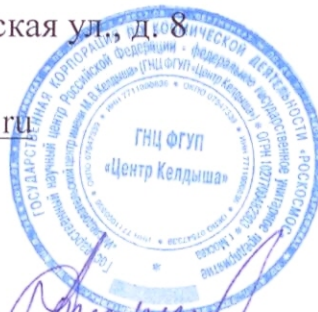
Адрес электронной почты [kerc@elnet.msk.ru](mailto:kerc@elnet.msk.ru)

Подпись Кочеткова Ю.М. удостоверяю:

Ученый секретарь

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

Кандидат военных наук



Ю.Л. Смирнов