

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

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»

Актуальность темы диссертации.

Диссертационная работа посвящена расчетно-теоретическому исследованию обтекания сверхзвуковым газовым потоком стенок соплового насадка с ромбической рельефной поверхностью и, возникающего при этом, волнового сопротивления. Работы по изучению потерь тяги ракетного двигателя из-за возникновения волнового сопротивления за счет образования ромбических рельефов при истечении горячих сверхзвуковых струй в сопловом насадке ведутся как в России, так и за рубежом. Однако, несмотря на интенсивные исследования, в настоящее время отсутствует строгая теория расчета сверхзвукового обтекания плоских поверхностей с ромбической рельефной структурой. В связи с этим диссертация Сидху Дж. С. С. представляет как научный, так и практический интерес, а тема является актуальной.

Содержание работы, основные научные результаты.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Объем работы составляет 115 страниц, который включает 48 рисунков, 7 таблиц и списка литературы из 68 наименований.

Во **введении** приведена общая характеристика диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, а также сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации.

Первая глава посвящена обзору основных результатов исследования обтекания ромбических рельефных поверхностей стенок плоских реактивных сопел двигателей и головных частей летательных аппаратов. Обоснована актуальность темы диссертации и необходимость решения краевой задачи обтекания сверхзвуковым потоком стенок соплового насадка, имеющих на поверхности ромбический рельеф в виде выступов и впадин. Приведены основные положения, выносимые на защиту, и сведения об апробации работы.

Во **второй главе** приведены формулы, полученные аналитическим путем, для описания зависимости полных коэффициентов волнового сопротивления конечных периодических плоских рельефов от параметров их подобия. В работе использована линейная теория плоских течений, которую давно успешно применяют для решения многих важных задач прикладной аэродинамики. Поэтому в настоящее время ее предсказательная способность уже не вызывает сомнений.

В диссертации установлено, что конечный периодический плоский рельеф с дробным значением волнового числа имеет один неполный период, то есть на конечную длину плоского насадка не всегда можно уложить целое число длин волн, в результате чего волновое число получается дробным. Его вклад в силу волнового сопротивления данного плоского рельефа меньше, чем вклад полного периода, имеющего целое число волнового числа. Однако, как показано в диссертации, вклад неполного периода в полный коэффициент волнового сопротивления плоского рельефа может быть как отрицательным, так и положительным, который автор назвал дефектом плоских периодических рельефов.

В **третьей главе** в рамках линейной теории точно решена стационарная краевая задача трехмерного обтекания сверхзвуковым потоком стенки соплового насадка из композитного материала, у которой ромбический рельеф ее поверхности задан в виде суммы плоских синусоидальных волн.

В диссертации доказано, что если вектор скорости сверхзвукового однородного потока параллелен диагоналям обтекаемых ромбических рельефов, то среди них имеется такой, у которого угол ромба равен так называемому критическому значению, зависящему от числа Маха натекающего потока. В рамках линейной теории такую ситуацию называют кризисом сверхзвукового обтекания.

Данный метод хорошо согласуется как с уравнениями Блохинцева Д.И. в частных производных, описывающими рельефную поверхность, так и с методом расчета академика Черного Г.Г. определения величины силы волнового сопротивления ромбического рельефа пластины, где впервые был обнаружен кризис обтекания поверхности с ромбическим рельефом.

В работе проведено сравнение критических значений углов ромба, полученных в диссертации с помощью линейной теории, с экспериментальными данными работ других авторов. В работах других авторов представлены данные прямых измерений волновых сопротивлений цилиндрических насадков, имевших ромбические рельефы, у которых в серии испытаний варьировали угол ромба и фиксировали нулевой угол их обтекания. На дискретно-точечной зависимости волновых сопротивлений сопловых насадков от их углов ромба имеются максимумы, наличие которых автор связал с критическими режимами сверхзвукового обтекания.

В диссертации также показано, что при дозвуковом обтекании потоком газа стенок соплового насадка с ромбическим рельефом критические значения углов ромба отсутствуют.

Четвертая глава посвящена численному исследованию с использованием сертифицированной программы CFD «ANSYS» волнового сопротивления, возникающего при обтекании сверхзвуковым потоком плоского насадка с ромбическим рельефом при разных углах ромба. Для проведения вычислительных исследований составлены математическая модель, модель турбулентности течения, граничные условия и расчетная сетка.

Сравнение результатов расчета величины силы волнового сопротивления насадков, рассчитанных CFD-продуктом ANSYS, с экспериментальными данными измерения сил волнового сопротивления пластин с ромбическим рельефом, обдутых сжатым воздухом на дифференциальной установке, показало их удовлетворительное согласование.

Некоторое расхождение результатов расчета с экспериментальными данными других авторов связано с геометрическими отличиями реально испытанных пластин с ромбическим рельефом от моделей, использованных в ходе моделирования сверхзвукового обтекания газовым потоком стенки соплового насадка с ромбическим рельефом.

В заключении обобщены основные результаты диссертационной работы.

Основные результаты исследований, изложенных в диссертации Сидху Дж.С.С., в необходимом количестве (5 статей) опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах, в том числе рекомендованных ВАК РФ, и докладывались на всероссийских и международных научно-технических конференциях.

По тексту диссертации можно сделать следующие замечания.

1. Не обозначены объект и предмет диссертационного исследования. В тексте диссертации недостаточно четко обоснована практическая актуальность темы.
2. Желательно было бы дать количественную оценку влияния волнового сопротивления сопел (насадков), имеющих ромбический рельеф, на величину коэффициента сопла φ_c .
3. В заключении не сформулированы рекомендации по использованию научных выводов и научных результатов.
4. Отсутствуют экспериментальные данные, полученные самим автором, по испытанию модельных сопел со стенками с ромбическим рельефом.

Приведенные замечания не меняют положительной оценки о работе соискателя, являющейся законченным научно-исследовательским трудом и выполненной на высоком научном уровне.

Заключение

Диссертационная работа СИДХУ Джуниор Саржит Сингх является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи расчета коэффициентов волнового сопротивления ромбических рельефных стенок плоского насадка, возникающего при сверхзвуковом их обтекании газовым потоком, имеющей значение для развития ракетного двигателестроения. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа описана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена, базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Сидху Джуниор Саржит Сингх «Волновое сопротивление каналов сложных форм с ромбической рельефной структурой поверхности» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», а ее автор - Сидху Джуниор Саржит Сингх заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Кандидат технических наук,
начальник сектора отдела 769
АО «НПО Энергомаш
имени академика В.П. Глушко»



В.Д. Гапонов

Гапонов Валерий Дмитриевич
Акционерное общество
«Научно-производственное объединение
Энергомаш имени академика В.П. Глушко»

141400 г. Химки Московской обл., ул. Бурденко, 1.

www.engine.space.ru

E-mail: energo@npoem.ru

Тел. (495) 286-41-31

Подпись В.Д. Гапонова заверяю

Ученый секретарь специализированного
диссертационного совета ДС 403.009.01,
кандидат технических наук



Елена Николаевна Семина