

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Брагина Н. Н.

**«Особенности развития трехмерного отрыва пограничного слоя на стреловидных крыльях. Определение границы начала бафтинга  $Su_{баф}$ »**,

представленной на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика

жидкости, газа и плазмы»

Рассмотренная в работе тема связана с очень сложным режимом обтекания крыла самолета определение, которого является очень важным как на предварительном этапе проектирования, так и для реального самолета вследствие необходимости выполнения авиационных правил АП-25 по безопасности.

Численная оценка особенностей развития трехмерного отрыв и начала бафтинга расчетным путем представляется довольно сложной задачей, так как для этого необходимо в полном объеме решать систему нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса в трехмерном случае. В настоящее время существуют примеры решения такой задачи для двумерных течений, однако при расчете реальных трехмерных конфигураций возникают значительные трудности, в первую очередь связанные с недостаточными ресурсами компьютеров, используемых при решении практических задач. Поэтому для решения этой задачи привлекаются алгоритмы и программы, предназначенные для расчета стационарных течений. В этом случае задача сводится к определению границы существования устойчивого стационарного решения в рамках решения RANS.

Сложное влияние многочисленных параметров при определении величины начала бафтинга обуславливает высокую трудоемкость решения, а также ограниченную точность и надежность получаемых численных результатов. Наибольшие сложности вызывает моделирование аэродинамических нагрузок при трансзвуковых и отрывных режимах обтекания, ввиду необходимости учета влияния различного рода

нелинейных и нестационарных процессов. Требуется моделирование потери устойчивости течения, развитие неустойчивости в свободных сдвиговых слоях, моделирование движения скачков и многое другое.

Фактическая научная новизна диссертационной работы, как можно судить из автореферата заключается в реализации итерационного алгоритма трансзвукового вязко-невязкого взаимодействия на основе теории пограничного слоя второго приближения, которая активно применяется для исследования обтекания дозвуковых летательных аппаратов на предварительном этапе проектирования.

Судя по содержанию автореферата автор правильно оценивает практическую значимость созданной расчетной методики, рассматривая ее прежде всего как инструмент с помощью которого можно получить основные аэродинамические характеристики на режимах начала отрыва.

Содержание автореферата свидетельствует о том, что автором проделана большая работа по обоснованию представленной расчетной методики, включающая обзор по теме диссертации, решение расчетных задач и верификация с экспериментальными данными.

Исходя из результатов, представленных в автореферате, результаты численных исследований при помощи разработанного метода хорошо согласуются с экспериментальными данными и результатами летных испытаний.

Основываясь на содержании автореферата, хотелось бы высказать ряд замечаний к работе:

- Из представленного в автореферате не ясно, учитывается ли число Рейнольдса при расчетах аэродинамических характеристик
- Не понятно, что будет происходить с точностью расчета при увеличении количества узлов сетки.
- В автореферате подробно не описана модель сеточного генератора

Несмотря на высказанные замечания, представленная диссертация завершённой актуальной научно-исследовательской работой с практически ценными результатами. Она отвечает требованиям п.9 «Положения о

присуждении учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор, Брагин Н.Н., заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - "Механика жидкости, газа и плазмы".

Ведущий научный сотрудник  
сектора 24 'Механика'  
Федерального государственного  
учреждения «Федеральный  
исследовательский центр  
«Информатика и управление»  
Российской академии наук», доктор  
физико-математических наук  
(05.13.18 – математическое  
моделирование, численные методы  
и комплексы программ)

Владимир Александрович Титарев

*В.А.Т.*

29.10.2019

Данные об организации:

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» 119333, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 40

Email: [wcan@ccas.ru](mailto:wcan@ccas.ru), <https://www.ccas.ru> Тел. + 7(499)1350440

Я, Владимир Александрович Титарев, даю согласие на включение своих персональных данных в документы связанные с защитой диссертации Брагина Николая Николаевича и их дальнейшую обработку. *В.А.Т.*

Подпись сотрудника ФИЦ ИУ РАН В.А. Титарева удостоверяю:

