

Отзыв научного руководителя
кандидата физико-математических наук
Фараносова Георгия Анатольевича

на диссертационную работу Бычкова Олега Павловича по теме «Исследование физических механизмов усиления шума за счет взаимодействия струи и крыла самолета», представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

За годы учебы в аспирантуре МФТИ на кафедре теоретической и прикладной аэрогидромеханики и работы в НИО-9 НИМК ЦАГИ Бычков О.П. проявил себя как исследователь, способный решать сложные задачи механики сжимаемого газа как с использованием теоретических методов, так и с привлечением лабораторного эксперимента. Им проведено исследование физических механизмов, ответственных за усиление шума при взаимодействии реактивной струи и крыла самолета. Значимость источника шума, связанного со взаимодействием струи и крыла, была осознана сравнительно недавно. Для современных самолетов с турбовентиляторными двигателями большой и сверхбольшой степени двухконтурности, размещенными на пилонах под крылом, а также для перспективных компоновок, в которых двигатели могут располагаться над несущим фюзеляжем, данный дополнительный источник шума может оказаться значимым, а иногда – определяющим, что делает исследование физических механизмов его возникновения исключительно актуальной задачей.

Всестороннее исследование аэродинамического и акустического взаимодействия турбулентной струи и механизированного крыла самолета представляется исключительно сложной задачей. Однако в рамках предложенной в работе гипотезы об усилении шума в области низких и средних частот за счет рассеяния крупномасштабных гидродинамических пульсаций ближнего поля струи на задней кромке крыла/закрылка существует возможность упрощения задачи, в рамках которого можно в главном приближении пренебречь влиянием крыла на среднее течение струи и на характеристики пульсаций в ее ближнем поле, а также не учитывать неоднородность потока вокруг крыла. Такой подход позволил упростить задачу и найти постановки, для которых может быть получено либо полностью аналитическое решение, либо аналитическое решение, в которое в качестве параметров входят величины, определяемые из эксперимента.

В работе была впервые поставлена и решена аналитически двумерная задача о дифракции акустической волны на системе «кромка сопла – кромка крыла». Формулировка и решение новой дифракционной задачи для канонической системы из двух полуплоскостей является фундаментальным результатом. В рамках полученного решения удалось на качественном уровне проанализировать механизм усиления шума струи при ее расположении вблизи

крыла и показать, что он связан с рассеянием на задней кромке крыла нарастающей вниз по потоку гидродинамической волны (не излучающей в отсутствие кромки), возникающей на тангенциальном разрыве за счет неустойчивости Кельвина-Гельмгольца.

Для найденного механизма усиления шума была предложена полуэмпирическая модель, основанная на использовании известного представления пульсаций давления в ближнем поле изолированной круглой струи в виде суперпозиции (по частотам и азимутальным номерам) волновых пакетов, развивающихся вниз по потоку за счет неустойчивости слоя смещения. Для такой комбинации волновых пакетов в работе была впервые поставлена и решена аналитически задача о рассеянии их на задней кромке полуплоскости, моделирующей крыло. Полученное решение позволило построить полуэмпирическую модель, позволяющую рассчитывать спектр и направленность шума взаимодействия струи и крыла в области низких и средних частот, где он доминирует над остальными источниками. В качестве эмпирических параметров в модель входят амплитуды и ширины волновых пакетов и фазовые скорости соответствующих возмущений, которые могут быть непосредственно измерены в эксперименте с изолированной струей.

Проведено подробное экспериментальное исследование характеристик азимутальных мод ближнего поля изолированной струи для определения эмпирических параметров разработанной модели, а также – дальнего акустического поля струи при наличии крыла для валидации модели. На основе полученных экспериментальных данных показано, что построенная полуэмпирическая модель позволяет с точностью 2-3 дБ рассчитывать характеристики шума взаимодействия как для модельной конфигурации «струя-пластина», так и для реалистичной системы «сопло-механизированное крыло». Таким образом, построенная модель может быть использована для уточненной оценки шума на местности проектируемых самолетов, а также для разработки подходов к снижению шума от данного источника.

Работа была отмечена на секции четвертой открытой всероссийской конференции по аэроакустике в Звенигороде (2015), на конкурсах научных работ молодых ученых на 60-ой юбилейной и 61-ой научных конференциях МФТИ (2017, 2018), на конкурсах работ молодых специалистов XXX-ой и XXXII-ой сессиях Российского Акустического Общества (2017, 2019). Соискатель является лауреатом премии Американского Акустического Общества для студентов и аспирантов (2016), а также в составе научного коллектива одним из лауреатов премии «Правительства Москвы молодым ученым» за «Цикл работ по исследованию методов снижения шума гражданских самолетов, учитывающих источники шума, характерные для новейших модификаций авиатехники (SSJ, MC-21)» (2016).

Основные результаты диссертации изложены в 11 печатных работах, из них 9 статей опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, а также одна зарегистрированная программа для ЭВМ. Результаты работы были доложены и положительно оценены на ряде международных и

всероссийских конференций: Вычислительный эксперимент в аэроакустике, г. Светлогорск (2014, 2018), Всероссийская научно-техническая конференция молодых специалистов ЦИАМ, Москва (2015), Открытая всероссийская (научно-техническая) конференция по аэроакустике, Звенигород (2015, 2017, 2019), научная конференция МФТИ, Жуковский (2015-2018), научно-техническая конференция по аэродинамике, п. Володарского (2016, 2017), AIAA AVIATION Forum (2016, 2017, 2019), International Congress on Sound and Vibration (2016, 2017), Greener Aviation, Brussels, Belgium (2016), Юбилейная международная научно-техническая конференция СибНИА, Новосибирск (2016), II Всероссийская акустическая конференция, г. Нижний Новгород (2017), 6-ой ежегодный российско-французский семинар ЦАГИ-ONERA, г. Нофль-ле-Шато, Франция (2017), всероссийская конференция молодых ученых и специалистов, г. Москва (2018, 2020), XXXII сессия Российского акустического общества, Москва (2019), Видеосеминар по аэромеханике ЦАГИ – ИТПМ СО РАН – СПбПУ – НИИМ МГУ, г. Жуковский (2020). Кроме того, полученные результаты докладывались и обсуждались на научном семинаре в МГУ.

Диссертационная работа «Исследование физических механизмов усиления шума за счет взаимодействия струи и крыла самолета» Бычкова Олега Павловича выполнена на высоком научном уровне и носит законченный характер. Она соответствует специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Рекомендую диссертационную работу «Исследование физических механизмов усиления шума за счет взаимодействия струи и крыла самолета» Бычкова Олега Павловича к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Фараносов Георгий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук (по специальности 01.02.05),
ведущий научный сотрудник НИО-9 НИМК ЦАГИ
(г. Москва, ул. Радио, д. 17, телефон +7(495) 916-90-91-43-58,
e-mail: georgiy.faranosov@tsagi.ru)

« 5 » НОЯБРЯ 2020 г.

Фараносов Георгий Анатольевич

Подпись Г.А. Фараносова удостоверяю

заместитель начальника комплекса по организационно -
административному управлению НИМК-ЦАГИ

« 6 » НОЯБРЯ 2020 г.



Дзема Юрий Михайлович