

ОТЗЫВ НАУЧНЫХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ

доктора физико-математических наук доцента Веденева Василия Владимировича, доктора физико-математических наук профессора Голубятникова Александра Николаевича, о работе Иванова Олега Олеговича по кандидатской диссертации «Резонансное взаимодействие упругих тел с потоком жидкости и газа», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Диссертация О.О. Иванова посвящена проблеме взаимодействия податливых упругих тел с потоком жидкости или газа. Два конкретных направления, рассматриваемых в работе – взаимодействие турбулентного пограничного слоя с плоской податливой вязкоупругой поверхностью и возбуждение колебаний упруго закреплённого цилиндра сходящей с него дорожкой Кармана. Актуальность данных тем вызвана задачей снижения турбулентного трения и перспективными ветровыми электрогенераторами, извлекающими энергию из колеблющихся в потоке тел.

В первой главе диссертации приведен обзор литературы, состоящий из двух частей: первая посвящена колебаниям, совершаемым круглым упругим цилиндром в потоке жидкости или газа, вторая – взаимодействию вязкоупругих покрытий с пограничным слоем с акцентом на изменение турбулентного трения.

Во второй главе рассмотрены методы экспериментального измерения трения на поверхности тела. Подробно обсуждается обобщённый метод Клаузера для определения трения на стенке из осредненного профиля продольной скорости в развитом турбулентном пограничном слое, а также особенности прямых измерений трения с помощью весовых элементов. Указаны возможные источники погрешностей, на которые необходимо обращать внимание при постановке экспериментов. Проанализированы факторы, влияющие на измерение турбулентного трения в гидродинамической трубе НИИ механики МГУ, и оценена их погрешность.

Третья глава посвящена резонансным колебаниям упругого (резинового) шнура круглого поперечного сечения в потоке газа. Дано описание экспериментов, проводившихся в аэродинамической трубе А4 НИИ механики МГУ. В первой серии экспериментов рассматривались резонансные колебания одиночного цилиндра диаметром $D=6$ мм. Показано, что при максимальной амплитуде колебаний $0.3D$ цилиндра характер вихревой дорожки качественно не изменяется по сравнению со следом за жестким неподвижным цилиндром. Во второй серии экспериментов рассматривалось влияние пластины длиной $\sim 6D$ и толщиной $D/3$, с эллиптически закруглёнными краями, на колебания цилиндра. В зависимости от взаимного расположения цилиндра и пластины наряду с известным в литературе явлением уменьшения амплитуды колебаний при уменьшении зазора между поверхностями цилиндра и пластины, впервые обнаружен противоположный эффект усиления колебаний вплоть до 39% относительно максимальной амплитуды для одиночного цилиндра. Данный эффект наблюдается при расположении упругого цилиндра вблизи задней кромки жёсткой пластины. Исследовано влияние взаимного

расположения на характер следа за системой «пластина+цилиндр», выделены три режима схода вихрей за цикл колебаний, а также отмечен эффект уменьшения частоты схода вихрей с цилиндра в присутствии пластины. Практическая важность обнаруженного эффекта связана с тем, что в перспективных моделях генераторов электрической энергии на основе колебания тел в ветровом потоке, важно наличие твёрдых тел вблизи колеблющихся элементов, в которых располагаются устройства съёма энергии. Как показано в диссертации, определённое расположение таких тел способствует, само по себе, значительному увеличению мощности вырабатываемой энергии.

Вторая задача посвящена проблеме снижения сопротивления движущихся в воде объектов. А именно, рассмотрено влияние вязкоупругих покрытий на трение в турбулентном пограничном слое модели, которая устанавливалась в гидродинамическую трубу НИИ механики МГУ. На её плоскую боковую поверхность устанавливались сменные тестовые пластины — эталонные металлические и со слоем определенного вязкоупругого материала. Были проведены эксперименты по измерению общего сопротивления модели, а также измерения профилей продольной скорости в пограничном слое над этими пластинами с помощью лазерного доплеровского измерителя скорости. Первый и второй способы показали согласованные результаты по изменению трения над податливым покрытием по сравнению с эталонными металлическими пластинами. Отмечено, что результаты находятся в согласии с прогнозами имеющейся теории взаимодействия пограничного слоя и вязкоупругого покрытия (В.М. Кулик, ТиА, 2015). Теоретический анализ не предсказывает, будет ли резонансное взаимодействие приводить к уменьшению или повышению турбулентного трения в пограничном слое. В данной работе продемонстрировано повышение трения, что, с одной стороны, валидирует разработанную теорию, а с другой, открывает возможность дальнейших исследований, направленных на снижение турбулентного трения.

При выполнении диссертации автор проявил себя инициативным и заинтересованным исследователем, освоил современные методы измерений в гидро/аэродинамическом эксперименте, глубоко разобрался в теоретическом материале и самостоятельно предлагал направления исследований, модифицировал и автоматизировал используемые экспериментальные установки. Проведённые эксперименты по колебаниям упругого тела в потоке выполнены полностью самостоятельно, по измерению турбулентного трения на податливых покрытиях — с доминирующим вкладом соискателя.

Результаты работы опубликованы в трёх научных статьях и докладывались на многих, в том числе зарубежных, научных семинарах и конференциях.

Данная научная работа является результатом длительного упорного труда, в ней получены новые научные результаты, имеющие практические приложения. Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Мы, Веденеев Василий Владимирович и Голубятников Александр Николаевич, даем согласие на включение наших персональных данных в

документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05),
профессор кафедры гидромеханики
механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
Заместитель директора по НИР
НИИ механики МГУ
(119991, Ленинские горы, дом 1,
Тел.: +7(495)939-39-58, e-mail: vasily.vedeneev@mail.ru)

В.В. Веденеев

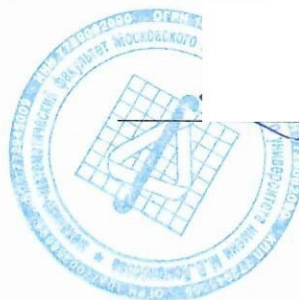
Научный руководитель:

доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05),
профессор кафедры гидромеханики
механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
(119991, Ленинские горы, дом 1,
Тел.: +7(495)939-39-58, e-mail: golubiat@mail.ru)

А.Н. Голубятников

Подписи В.В. Веденева и А.Н. Голубятникова заверяю:

Декан механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова,
член.-корр. РАН, профессор



/ А.И. Шафаревич

11.09.23