

ОТЗЫВ

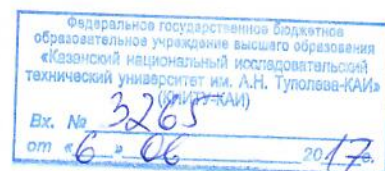
официального оппонента на диссертацию Михеева Андрея Николаевича «Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы и 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию гидродинамики и теплообмена при поперечном обтекании кругового цилиндра пульсирующим турбулентным потоком. Данная задача в той или иной модификации часто встречается при проектировании трубчатых теплообменников, систем охлаждения, устройств измерения расхода жидкости и газа и других установок. При этом особенности процессов переноса импульса и тепла при колебаниях внешнего потока изучены не достаточно. Это определяет **актуальность** темы диссертационной работы А.Н.Михеева. В качестве подхода к решению поставленных в диссертации задач соискателем выбран лабораторный эксперимент.

Диссертация имеет классическое построение и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы, содержащей 111 наименований.

Во введении приводится обоснование актуальности темы диссертационной работы и изложены основные результаты, полученные соискателем в процессе ее выполнения.

Первая глава представляет собой подробный обзор исследований, выполненных по теме диссертационной работы. Значительное внимание соискатель уделяет анализу данных по гидродинамике и теплообмену при поперечном обтекании цилиндра стационарным внешним потоком. Рассматриваются в основном результаты исследований, изложенные в классических учебниках и монографиях, изданных в середине и начале второй половины прошедшего столетия; ряд результатов, приведенных в этой части обзора, получены в последние годы. Думается, этот раздел диссертации можно было бы изложить несколько компактнее. В первой главе соискатель приводит и сведения о способах пассивной и активной интенсификации теплоотдачи при поперечном обтекании трубы и пучка труб, используемые или предлагаемые к использованию в современных теплообменниках. Оставляет хорошее впечатление раздел первой главы, в котором А.Н. Михеев анализирует результаты исследований обтекания кругового цилиндра пульсирующим потоком. Эта часть обзора основана на самых современных данных и отличается глубиной проведенного анализа. На основании выполненного обзора соискателем сформулированы задачи исследования.



При проведении экспериментальных исследований очень важна роль методической части, включающей создание необходимых экспериментальных установок, разработку и всестороннее обоснование методов исследований. Со всеми этими задачами диссертант успешно справился, о чем свидетельствует содержание **второй главы** диссертации. Центральное место в диссертационной работе занимает разработка экспериментальной установки для исследования пульсирующих течений. Поэтому в главе значительное внимание уделяется описанию самой установки, конструкции устройства для создания пульсаций потока, методике выполнения исследований и представлению характеристик установки. Получение количественной информации о структуре течения в ближнем следе цилиндра по данным визуальных исследований выполняется соискателем с использованием метода SIV (Smoke Image Velocimetry). Метод является новым, он разработан в лаборатории, сотрудником которой является соискатель. Поэтому вполне оправдано подробное описание этого метода в диссертации, хотя соискатель не претендует на авторство.

Необходимой составляющей экспериментальных работ является оценка неопределенностей результатов измерений. Этот раздел в части тепловых измерений представлен в диссертации весьма подробно.

Результаты визуализации обтекания цилиндра пульсирующим потоком и анализ динамики формирования вихревых структур подробно изложены в **третьей главе** диссертации. На основе обобщения данных визуальных исследований соискатель выявил 4 режима нестационарного обтекания цилиндра и оформил эту классификацию в виде карты режимов в пространстве безразмерных частоты и амплитуды вынужденных пульсаций потока. Оказалось, что если в качестве одного из параметров использовать произведение частоты на амплитуду, то линии, разделяющие режимы на карте, близки к прямым. Это более удобно для практического использования параметрической карты режимов.

Анализ полей статистических характеристик течения в ближнем следе цилиндра, а также распределения этих характеристик по фазе вынужденных пульсаций потока позволили соискателю составить представление об интенсивности и динамике вихревых структур на различных режимах обтекания цилиндра. Данные научные результаты являются новыми.

В **четвертой главе** диссертации представлены результаты измерения теплоотдачи с поверхности цилиндра в пульсирующем потоке. Показано, что влияние вынужденных пульсаций потока оказывает влияние, главным образом, на теплоотдачу кормовой области цилиндра. Соискателем впервые выявлена взаимосвязь особенностей процесса формирования вихрей на каждом режиме обтекания цилиндра с особенностями распределения локального коэффициента теплоотдачи. Тем самым показан механизм этой взаимосвязи, что можно отнести к несомненным достоинствам работы. Завершает главу предложенное соискателем критериальное соотношение для

теплоотдачи цилиндра в условиях вынужденной нестационарности потока, имеющее важное **прикладное значение**.

В **Заключении** подведены итоги выполненного исследования.

К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы А.Н. Михеева, обладающим несомненной **научной новизной**, следует отнести следующее.

1. Оригинальная конструкция пульсатора и формулы, связывающие положения его ручек управления (x_c , x_d) со средней скоростью и амплитудой наложенных пульсаций (пункт 2.2).

2. Классификация режимов обтекания цилиндра пульсирующим потоком и параметрическая карта режимов, построенная на основе данных визуализации течения (пункт 3.1, рис. 3.7, 3.8).

3. Распределение интенсивности теплообмена и аэродинамической эффективности (локальные числа Нуссельта и Фресслинга) по поверхности цилиндра для четырех режимов обтекания цилиндра пульсирующим потоком (пункт 4).

4. Инженерная формула (4.3) для среднего числа Нуссельта, учитывающая влияние амплитуды и частоты наложенных пульсаций расхода.

Обоснованность результатов диссертации базируется на тщательной подготовке и высоком уровне проведения экспериментов, **достоверности** полученной экспериментальной информации.

Выполненные исследования свидетельствуют о **высокой квалификации** автора при постановке и проведении сложного лабораторного эксперимента, умении анализировать и обобщать полученную экспериментальную информацию.

Результаты диссертации могут найти **практическое применение** в теплотехнике, энергомашиностроении и измерительной технике.

Выводы диссертации в целом отражают основные результаты, полученные соискателем. Диссертация прошла необходимую **апробацию** как по части научных **публикаций** (20 публикаций, в том числе 5 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций), так и по участию соискателя в научных форумах различного уровня. При оформлении диссертации выполнены требования, предъявляемые к работам, направляемым в печать.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

По содержанию диссертации считаю необходимым сделать ряд замечаний критического характера.

1. Диссертация неряшливо оформлена, по тексту много орфографических ошибок, стилистических неточностей. Формулы зачастую набраны разным кеглем, их нумерация не выровнена. Некоторые графики не имеют обозначения осей, другие содержат надписи без пояснения в тексте. Для фигур, заимствованных из посторонних источников, следовало бы давать ссылки в подрисуночных подписях. Список литературы оформлен небрежно, в ряде ссылок отсутствуют необходимые библиографические данные.

2. Обзор публикаций по обтеканию цилиндрических тел стационарным потоком (пп. 1.1 – 1.3) занимает значительный объем диссертации, хотя не имеет прямого отношения к теме исследования; при этом цитируемые результаты заимствованы в основном из учебников прошлого века.

3. Коэффициент теплоотдачи определялся на основе т. н. метода регулярного режима, при котором темп восстановления температуры определяется формулами (2.14), (2.15). Но эти формулы представляют аналитическое решение другой задачи и, строго говоря, не пригодны для теплообмена при отрывном обтекании цилиндра. Поэтому следовало бы выписать математическую постановку задачи и либо использовать для валидации своих экспериментальных результатов её численное решение, либо сравнением показать, что пригодно и упрощенное логарифмическое решение.

4. Произведение двух безразмерных параметров наложенных пульсаций частоты Sh и амплитуды β на стр. 94 и в основном результате 3 Заключения нескромно названо новым критерием подобия. Его «физический смысл», представленный читателю на с. 103, не имеет научного основания. Замечу, что критерии подобия процесса определяются в результате анализа уравнений его математической модели методами теории подобия и размерности; при этом «физический смысл» и величина этих безразмерных комплексов получаются автоматически. В диссертации таких исследований нет.

5. Представленные в диссертации ограниченные результаты визуализации потока и несколько профилей скорости и пульсаций весьма смело решительно используются автором для определения вихревой структуры течения в следе, классификации режимов течения, понимания механизмов турбулентного переноса импульса и тепла. На мой взгляд, для столь категорических выводов требуется провести дополнительно численное моделирование процесса, которое должно бы визуальные результаты недостающими количественными характеристиками.

Высказанные замечания по диссертации являются существенными, но позволяют, тем не менее, в целом положительно оценить представленную к защите работу. Основные выводы диссертации являются обоснованными и отражают новые научные результаты, полученные соискателем. В целом, по объему и научному уровню, актуальности и новизне полученных результатов,

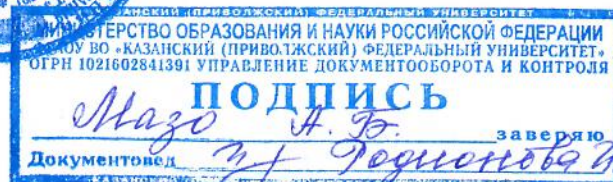
их научной и практической ценности диссертационная работа «Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор представленной диссертации **Михеев Андрей Николаевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы и 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент

профессор кафедры
аэрогидромеханики Института
математики и механики
им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ
ВО Казанский (Приволжский)
федеральный университет,
доктор физико-математических
наук, профессор

Мазо Александр Бенцианович

420008, РФ, Республика
Татарстан, г. Казань,
ул. Кремлевская, д. 18,
тел. сл. (843) 233-72-30,
email: abmazo1956@gmail.com



СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертационной работе Михеева Андрея Николаевича на тему: «Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.02.05 - «Механика жидкости, газа и плазмы» и 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, ученое звание	Сведения о работе		Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (но не более 15 публикаций)
			Полное наименование организации, почтовый адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес электронной почты	Должность с указанием структурного подразделения	
1	2	3	4	5	6
1	Мазо Александр Бенцианович	Доктор физико-математических наук, профессор по специальности механика жидкости, газа и плазмы	Казанский федеральный университет 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18 public.mail@kpfu.ru	Профессор кафедры аэрогидромеханики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского КФУ	<p>1. Мазо А.Б. Аэродинамика утолщенных тел с вихревыми ячейками. Численное и физическое моделирование / Под ред. С.А. Исаева / С.А. Исаев, П.А. Баранов, Ю.Ф. Гортышов, С.В. Гувернюк, А.Б. Мазо, А.Е. Усачов, В.Б. Харченко. -СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2016. -215 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-7422-5436-2</p> <p>2. Kalinin, E.I., Mazo, A.B. Steady and periodic regimes of laminar flow around the rotating cylinder. // Cornell University Library. 2013. 18 pp. URL: http://arXiv:1312.2787v1 [physics.flu-dyn].</p> <p>3. Молочников В.М., Мазо А.Б., Малюков А.В. и др. Особенности формирования вихревых структур в отрывном течении за выступом в канале при переходе к турбулентности // Теплофизика и аэромеханика. - 2014, том 21, №3.- С.325-334</p> <p>4. Мазо А.Б., Охотников Д.И. Локальный переход к турбулентности за препятствием в канале при номинально ламинарном режиме течения // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. - 2015. - Т. 157, кн. 2. - С. 116-125.</p> <p>5. Калинин Е.И., Мазо А.Б., Охотников Д.И., Ермаков А.М. Механизм интенсификации теплообмена при турбулизации потока за выступом на стенке канала // Тепловые процессы в технике. - 2015. - Т. 7. - № 5. - С. 215-221.</p> <p>6. Mazo, A.B., Okhotnikov, D.I. Local transition to turbulence behind an obstacle for a nominally laminar flow // Lobachevskii Journal of Mathematics. May 2016, Volume 37, Issue 3, pp 360-367</p>