

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Михеева Андрея Николаевича на тему: «Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы; 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Актуальность темы.

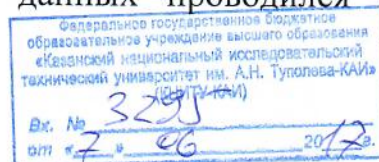
Задачи физического моделирования процессов переноса импульса и тепла в различных технических устройствах является важным и актуальным не только в фундаментальных исследованиях, но и имеют большое прикладное значение в различных отраслях промышленности и энергетики. От решения этих задач зависит точность проектирования или модернизации теплотехнических устройств и оборудования.

Одним из способов интенсификации теплообменных процессов является организация нестационарного режима, например пульсационного движения теплоносителей. Нестационарность значительно усложняет исследование и моделирование процессов переноса импульса и тепла при обтекании потоком различных поверхностей, в частности цилиндрических тел. Цилиндрические тела являются довольно распространенными элементами различного оборудования и аппаратов, поэтому тема диссертаций работы Михеева А.Н. является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Основные результаты в диссертационной работе получены на экспериментальной установке.

Для измерения характеристик пульсирующего потока проводились термоанемометрические измерения скорости. Сбор данных проводился с



применением автоматизированной систем, включающей ПЭВМ и АЦП L-Card. Видеосъемка картины течения выполнялась скоростной монохромной видеокамерой Fastec Hi Spec в световом ноже, создаваемым непрерывным лазером KLM-532/5000. Частота съемки 112000 кадр/с, максимальное разрешение 1280x1024 пикселя. Частота наложенных пульсаций потока изменялись при помощи частотного преобразователя VACON. Погрешность поддержания объемного расхода потока в установке не более 0,25 %. Таким образом обоснованность и достоверность обеспечивалась применением апробированных методик и средств измерения необходимых характеристик потока, а также удовлетворительным согласование тестовых экспериментов с данными других авторов.

Достоверность и новизна, полученных результатов.

На основе выполненных экспериментальных исследований, анализа и обобщения полученных данных установлены гидродинамические закономерности обтекания цилиндра пульсирующим потоком. Установлены четыре основных режима обтекания цилиндра.

Предложено новое число подобия в виде отношения силы инерции потока при нестационарном движении к инерционной силе, которая появляется вследствие искривления линии тока при обтекании цилиндра.

Получены обобщенные данные о статистических характеристиках потока и динамике мгновенного векторного поля скорости в ближнем следе цилиндра, обтекаемого пульсирующим потоком.

Получены профили осредненной скорости в ближнем следе цилиндра и ее среднеквадратичных пульсаций. Представлена карта режимов обтекания цилиндра пульсирующим потоком.

Показано, что с использованием предложенного в диссертации числа подобия можно описать границы режима обтекания цилиндра прямыми линиями.

Исследована теплоотдача и получены данные по локальным и средним коэффициентам теплоотдачи (числам Нуссельта) для каждого выявленного режима при обтекании пульсирующим потоком цилиндра.

Предложено критериальное выражение для среднего числа Нуссельта в пульсирующем потоке воздуха.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.

Получены многочисленные опытные данные о гидродинамических и теплообменных характеристиках среды при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком. Сделано обобщение результатов и предложено использование нового числа подобия и критериального выражения для средней теплоотдачи цилиндра при обтекании пульсирующим потоком. Полученные результаты могут использоваться при численном моделировании отрывных пульсирующих потоков, а также выборе способов интенсификации теплоотдачи в различных технических устройствах и оборудовании.

Оценка содержания диссертации, её завершенность.

Сделан подробный обзор работ о гидродинамических и теплообменных процессах при обтекании тел стационарным потоком. Приведена картина обтекания, распределения коэффициента давления и динамики точки отрыва потока (пограничного слоя) при поперечном обтекании цилиндра. Показано распределение локальной теплоотдачи (безразмерного комплекса) на цилиндре при различных числах Рейнольдса и турбулентности внешнего потока (воды и воздуха). Приводятся известные критериальные зависимости для расчета числа Нуссельта при поперечном обтекании цилиндра при ламинарном и турбулентном режиме. Анализируется теплоотдача при различной интенсивности турбулентности.

Рассмотрены способы пассивной интенсификации теплообмена поперечного обтекаемого цилиндра (оребрение, шероховатость поверхности,

нанесенные лунки, витыми трубами и др.), а также активные способы: колебания труб, вибрация поверхности, акустические поля, пульсация потока. Пульсация потока рассмотрена наиболее подробно и даны результаты различных исследователей по гидродинамическим и теплообменным характеристикам и обтекания цилиндра.

На основании выполненного обзора работ в диссертации сформулированы задачи исследования, решения которых представлено в 2-4 главах.

Для проведения экспериментальных исследований автором разработана и изготовлена установка с пульсатором, а также методика выполнения исследований.

На первом этапе выполнено визуальное исследование обтекания цилиндра пульсирующим потоком при различных числах Струхала и Рейнольдса. Для визуализации течения в поток вводились специальные трассеры-аэрозоли (размеры частиц ~ 1 мкм и плотностью, близкую к плотности воздуха). Съемка проводилась скоростной монохромной видеокамерой Fastec HiSpec с частотой 100...2000 кадров/с.

В результате визуальных наблюдений установлены четыре режима обтекания цилиндра пульсирующим потоком (стр. 87-103).

Для проведения тепловых экспериментов по окружности цилиндра с равным шагом располагались 16 хромель-копелевых термопар. Выполнены тестовые эксперименты по теплоотдаче в стационарном режиме.

Получены распределения локальных чисел Нуссельта в квазистационарном режиме (режим I) при различных амплитудах вынужденных пульсаций скорости потока.

Установлено, что вынужденные пульсации не оказывают существенного влияния на теплоотдачу по сравнению со стационарным режимом. На режимах II - IV наблюдаются значительное увеличение коэффициентов теплоотдачи в кормовой части цилиндра. Сделан анализ полученных результатов по локальной теплоотдаче. Получено критериальное выражение для числа

Нуссельта в случае обтекания цилиндра потоком воздуха с вынужденными пульсациями, что придает работе заверченный характер.

Замечания по диссертационной работе:

1. Первые пункты научной новизны и теоретической и практической значимости в основном идентичны (повторяются).

2. Обзорная глава 1 содержит 50 стр., что составляет почти 45% текста всей диссертационной работы (без учета списка литературы). Обычно обзорная глава составляет не более 25-30% от текста.

3. При записи критериального выражения (2.18) (стр. 85) очевидно допущена опечатка, так как зависимость числа Нуссельта Nu от Рейнольдса Re и Прандтля Pr в первой степени, что не соответствует известным данным по теплоотдаче.

4. В диссертации не отмечено, как обеспечивалась постоянство температуры цилиндра ($70^{\circ}C$) после нагрева в термошкафу и последующей установки его на рабочий участок экспериментального стенда (стр. 80).

5. Нет данных о гидравлическом сопротивлении исследуемого объекта.

Указанные замечания имеют частный характер, не снижают общую положительную оценку диссертаций работы и существенно не влияют на полученные теоретические и практические результаты.

Научные публикации и автореферат соответствуют основному содержанию диссертации.

Заключение

Диссертация Михеева Андрея Николаевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи по исследованию гидродинамических и теплообменных закономерностей при обтекании цилиндра пульсирующим потоком и имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно теплотехники, теплоэнергетики и

аэромеханики. Диссертационной работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы; 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент:

Лаптев Анатолий Григорьевич

д.т.н., профессор по специальности

05.17.28 – «Процессы и аппараты

химических технологий», профессор

Почтовый адрес: 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, В-717а

Контактный телефон: 8 (843)519-42-53(54).

E-mail: tvt_kgeu@mail.ru

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
заведующий кафедрой «Технология воды и топлив».



А.Г. Лаптев



СВЕДЕНИЯ

об официальном оппоненте **Лаптева Анатолия Григорьевича**

по диссертации Михеева Андря Николаевича на тему «Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»; 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Год рождения, гражданство	Место основной работы (с указанием организации, города), должность	Ученая степень (с указанием шифра специальности научных работников, по которой защищена диссертация)	Ученое звание (по специальности, кафедре)	Основные работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет
	Лаптев Анатолий Григорьевич	1953, РФ	ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» заведующий кафедрой «Технология воды и топлива», 420066 г. Казань, ул. Красносельская д.51	Доктор технических наук по специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химической технологии» (технические науки)	Профессор, заведующий кафедрой «Технология воды и топлива» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»	1. Лаптев, А. Г. Эффективность теплообмена и разделения гетерогенных сред в аппаратах нефтегазохимического комплекса / А. Г. Лаптев, М. М. Башаров. – Казань: Центр инновационных технологий, 2016. – 344 с. 2. Лаптев, А. Г. Оценка энергоэффективности методов интенсификации теплообмена в вязких средах / А. Г. Лаптев, О. Г. Дударовская, Т. М. Фарахов // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. № 6. – С. 59-63.

					<p>3. Дударовская, О. Г. Моделирование теплоотдачи в каналах с хаотичной насадочной упаковкой с учетом затухания турбулентности в пограничном слое / О. Г. Дударовская, Т. М. Фарахов, А. Г. Лаптев // <i>Фундаментальные исследования</i>. – 2016. – № 3-1. – С. 20-24.</p> <p>4. Лаптев, А. Г. Тепло- и массоотдача в возмущенных турбулентных пограничных слоях / А. Г. Лаптев, М. М. Башаров, Т. М. Фарахов // <i>Труды Академэнерго</i>. – 2016. – № 1. – С. 53-71.</p> <p>5. Лаптев, А. Г. Интенсификация теплоотдачи в каналах при ламинарном режиме / А. Г. Лаптев, О. Г. Дударовская, Т. М. Фарахов // <i>Энергетика Татарстана</i>. – 2016. – № 1 (41). – С. 32-35.</p> <p>6. Лаптев, А. Г. Математическая модель теплоотдачи в каналах с насадочным и зернистыми слоями / А. Г. Лаптев, Т. М. Фарахов // <i>Теплоэнергетика</i>. – 2015. – №. 1. – С. 77.</p> <p>7. Рунов, Д. М. Повышение эффективности теплообменных аппаратов путем рационального выбора диапазона частот электромагнитной обработки воды/ Д.М. Рунов,</p>
--	--	--	--	--	--

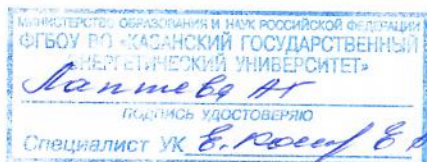
					<p>А. . Лаптев //Теплоэнергетика. – 2015. – №5. – С.67.</p> <p>8. Лаптева, Е.А. Ячеечная модель тепломассопереноса в пленочных блоках оросителей градирни / Е. А. Лаптева, А. Г. Лаптев // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 11. – С. 181-185.</p> <p>9. Лаптев, А. Г. Эффективность тепло- и массоотдачи в насадочных слоях / А. Г. Лаптев, М. М. Башаров, Е. А. Лаптева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-2. – С. 278-282.</p>
--	--	--	--	--	---

Заведующий кафедрой «Технология воды и топлива»
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный
 энергетический университет»



[Handwritten signature in blue ink]

Лаптев Анатолий Григорьевич



Специалист УК *Е. Кошуров*