

## Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу **Злобина Андрея Витальевича** «Теплоотдача и гидравлическое сопротивление труб с непрерывной шероховатостью стенок, в том числе со вставленной скрученной лентой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

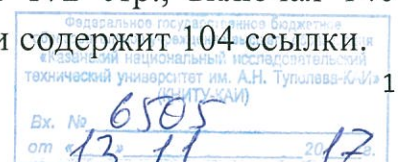
**Актуальность работы.** Возможности интенсификации теплообмена в каналах с течением газа или жидкостей представляет большой практический и научный интерес для многих областей техники: для ядерных реакторов, энергетических установок и двигателей (парогенераторы, испарители), для внутреннего охлаждения электронной аппаратуры, лопаток газовых турбин и др. Одним из способов интенсификации тепломассообменных процессов является применение искусственно шероховатых поверхностей, причем их изготовления просты и надежны в технологическом отношении.

Изменение формы поверхности, усиливающие перемешивание в пристенной области, и распространяющееся на все сечение канала, предпринимались достаточно давно. Организации течений при обтекании поверхностей с лунками, кавернами различной формы, канавки, уступы, ребра, располагающиеся перпендикулярно или под углом к потоку – это не полный перечень возможных вариантов повышения теплообмена, и которые в настоящее время усиленно исследуются.

Ещё одним из способов интенсификации теплообмена является организация закрутки потока, и совместного использования влияния искусственной шероховатости и особенностей закрученного течения, поскольку ожидается, что данный комбинированный вид интенсификации будет эффективен в практическом применении.

В диссертационной работе **Злобина А.В.** рассматривается течение в трубе, на поверхность которой нанесена резьбовая нарезка, что можно характеризовать как ребра (или поперечные канавки). Установка скрученных лент позволяет провести оптимизацию течения по гидравлическому сопротивлению и теплообмену с учетом шероховатости и закрутки потока. Работа является актуальной, результаты востребованы для многих важных отраслей техники.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, и списка литературы. Объем диссертации составляет 172 стр., включая 140 рисунков и 8 таблиц, список источников информации содержит 104 ссылки.



*Первая глава* посвящена обзору наиболее важных работ за последнее столетие. На основе критического анализа существующих работ, были выбраны перспективные направления.

- Провести экспериментальные исследования и обобщить данные по коэффициенту гидравлического сопротивления и теплоотдачи при движении потоков в каналах с искусственной шероховатостью различного профиля, а также со скрученной лентой.

- Изучить теплоотдачу в прямых трубах с непрерывной шероховатостью, а также с постоянной закруткой потока хладагента R134a, в том числе при кипении.

Так как в обзоре опытных исследований аэродинамики обтекания искусственных шероховатостей, локальных коэффициентов теплообмена не представлено, то в качестве пожелания можно порекомендовать автору монографию, которая содержит экспериментальные данные о структуре течения за ребрами, в канавках: «Теплообмен в дозвуковых отрывных потоках / В.И. Терехов, Т.В. Богатко, А.Ю. Дьяченко, Я.И. Смутьский, Н.И. Ярыгина; под редакцией В.И. Терехова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 247 с.

*Вторая глава.* Заслуживают похвалы экспериментальный стенд, рабочие участки и измерительное оборудование, подготовленные на высоком уровне, автоматизация управления режимами работы и обработки результатов измерений.

*Третья глава.* Представлены результаты исследования гидравлического сопротивления труб со сплошной шероховатостью в виде резьбы с треугольным, прямоугольным и скругленным профилями выступов, в том числе со вставленными скрученными лентами. Для инженерных расчетов гидравлического сопротивления были получены новые эмпирические зависимости с учетом вида исследованных шероховатостей и чисел Рейнольдса. Для закрученного течения, в связи со сложностью течения, аналогичное обобщение достигнуто только для треугольного профиля.

*Четвертая глава* посвящена исследованию теплоотдачи при течении дистиллированной воды и хладагента R134a в прямых трубах с шероховатостью, а также со вставленными скрученными лентами в условиях вынужденной конвекции и пузырькового кипения. В результате систематических измерений и обработки опытов также получены новые критериальные зависимости для указанных течений в широком диапазоне режимных параметров.

В *заключении* диссертации представлены основные результаты и выводы, которые правильно отражают содержание работы и достижения

автора. Также представлены выводы по каждой главе, но здесь стоило бы сделать *следующее замечание*. Результаты и выводы в главах 3 и 4, из которых сформированы основные результаты для заключения, следовало бы сделать развернутыми, например, дать сводку основных расчетных формул, полученные впервые автором, либо указать номера уравнений, под которыми они приведены в тексте диссертации.

*Научная новизна и практическая ценность работы* состоит в следующем:

- получены обобщающие зависимости для расчета гидравлического сопротивления и теплоотдачи при течении однофазных потоков в прямых трубах и трубах со скрученной лентой при наличии искусственной шероховатости стенок, как при ламинарном, так и при турбулентном режимах течения;

- описаны особенности развитого кипения фреона R134a в прямых трубах и трубах со скрученной лентой при наличии искусственной шероховатости стенок;

- работа выполнялась по проектам, имевшим практическую направленность, в широком диапазоне режимных и конструктивных параметров.

*Результаты диссертации* могут быть *полезны* таким организациям, как ЦКТИ, ОАО ВТИ, НИИ Турбокомпрессор, ОАО ТВЭЛ (Москва), АО ГНЦ РФ ФЭИ (Обнинск), ПАО ПКО "Теплообменник" (Нижний Новгород), ЦИАМ им. Баранова (Москва), ИТ СО РАН.

*Степень обоснованности* научных положений и выводов, а также *достоверность* экспериментальных результатов и их обобщение подтверждается: 1) использованием критериальных зависимостей для определения теплоотдачи и гидравлического сопротивления труб; 2) применением апробированных измерительных методов и приборов, хорошо зарекомендовавших себя при исследовании близких задач теплофизики; 3) проведением тестовых опытов и результатами оценок погрешностей используемых методов диагностики; 4) сравнением, где это было возможно, и хорошим подтверждением полученных результатов с опытами других авторов; 5) использованием программных средств и компьютерной обработкой первичных данных.

Работа прошла необходимую апробацию, как по части публикаций, так и по участию автора в научных конференциях различного уровня. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Оформление диссертации и автореферата оставляют хорошее впечатление, достаточно иллюстрированы, написаны ясным языком, хотя встречается ряд опечаток.



### Замечания по работе:

1. В работе не проводилось исследования структуры течения в пристенной области, когда устанавливалась закрученная лента. Можно ожидать, что ребра и канавки резьбы «подкручивали» поток у стенки. Чем выше была высота гребней резьбы, тем больше может быть закручивающий эффект, увеличивающий теплообмен и гидравлическое сопротивление. Конечно, здесь играет роль и форма гребней.
2. Использование в работе характеристики закрутки потока в виде шага скрученной ленты не корректно: не позволяет внести в обобщающие зависимости физическое содержание. Например, в докторской диссертации Гостинцева Ю.А. 1974 года теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубе описаны как для осевого, так и вихревого течения едиными критериальными зависимостями для многих закручивающих устройств. Число Рейнольдса в них определялось по параметрам вдоль винтовой линии (для незакрученного потока – по аксиальной координате), и использовалась суммарная скорость. Эти величины определяются с помощью угла закрутки вблизи поверхности.

### Заключение

1. Диссертация Злобина Андрея Витальевича является законченным научным исследованием и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, и паспорта специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.
2. Считаю, что Злобин Андрей Витальевич достоин присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент доктор технических наук, старший научный сотрудник лаборатории термогазодинамики ФГБУН ИТ СО РАН



Шишкин Николай Енинархович

Рабочий адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 1, раб. Тел. (383) 316 53 35 E'mail: [shishkin@itp.nsc.ru](mailto:shishkin@itp.nsc.ru), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Куателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

Подпись д.т.н. Шишкина Н. Е.

ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ИТ СО РАН

09.11.2017 г.



ж.ф. Макаров М.С.

## СПИСОК

научных публикаций в рецензируемых научных изданиях Шишкина Николая Енинарховича  
по теме диссертации Злобина Андрея Витальевича за 2013 - 2017 гг.

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем в п.л. или с.	Соавторы
1	2	3	4	5	6
1	Laws of Jet Mixing of the Swirled Flows in a Pipe	Печ.	Journal of Energy and Power Engineering, - 7 (2013). - P.1223 - 1230.	8 pp.	
2	Способы повышения эффективности пленочного охлаждения с помощью вихревых пристенных струй.	Печ.	Теплофизика и Аэромеханика. - 2013. - Том 20, № 6. - С. 739 - 747.	9 стр.	Терехов В.И.
3	Эффективность пристенной завесы при газокапельном охлаждении	Печ.	Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. Сб. науч. тр. Вып. 1(12). – Киев: «НПВК Триакон», 2013. С. 340 – 345.	6 стр.	
4	Влияние высоты щели и разной плотности коаксиальных струй на смешение в ограниченном закрученном потоке	Печ.	Теплофизика и Аэромеханика. 2015. - Том 22. № 4. – С. 445 – 451.	6 стр	
5	Скорости генерации паровых зародышей на поверхности капель.	Печ.	Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. Сб. науч. тр. Вып. 1(16). – Днепропетровск: «НПВК Триакон», 2015. С. 110 – 114.	5 стр.	Анисимов М.П., Бердюгина И. С., Терехов В.И.
6	Методы интенсификации пленочного охлаждения рабочих поверхностей в энергетических устройствах.	Печ.	Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. Сб. науч. тр. Вып. 1(16). – Днепропетровск: «НПВК Триакон», 2015. С. 67 – 73.	7 стр.	Терехов В.И., Халатов А.А.

7	Surfactat's Impact on the Evaporation Intensity and a Vapor Embryos Generation Kinetics within the Water Droplets		Journal of Physics: Conference Series, Volume 899, 2017 <a href="http://iopscience.iop.org/volume/1742-6596/899">http://iopscience.iop.org/volume/1742-6596/899</a>	6 pp	M. P. Anisimov, V. I. Terekhov
---	---	--	--	------	-----------------------------------



Шишкин Николай Енинарович

Доктор технических наук, старший научный сотрудник лаборатории термогазодинамики ФГБУН ИТ СО РАН

Рабочий адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 1, раб. Тел. (383) 316 53 35 E'mail: [shishkin@itp.nsc.ru](mailto:shishkin@itp.nsc.ru) , Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

Подпись д.т.н. Шишкина Н. Е.

ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ИТ СО РАН

06.10.2017 г.




к.ф.-м.н. Макаров М.С.