

Материалы

X Международной научно-технической конференции
«Инновационные машиностроительные технологии,
оборудование и материалы – 2019»
(МНТК-ИМТОМ – 2019»)

Часть 2



5-6 декабря 2019 года

г. Казань

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан
Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский институт
авиационных технологий»
Казанский (Приволжский) Федеральный университет
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.
Туполева - КАИ (КНИТУ - КАИ)
Казанский национальный исследовательский технологический университет
ООО «ЦПР «Техносвар»
ИЦ «Энергопрогресс»



Конференция посвящается:

*60-летию АО «Казанского научно-исследовательского института
авиационных технологий»,
215-летию Казанского (Приволжского) Федерального университета,
30-летию ИЦ «Энергопрогресс»*

Материалы

X Международной научно-технической конференции
**«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ – 2019»**
(МНТК «ИМТОМ – 2019»)

Часть 2

5-6 декабря 2019 года

Казань
2019

УДК 67
ББК К34
М34

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

М34 Материалы X Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2019» (МНТК «ИМТОМ–2019»). Ч. 2. – Казань, 2019. – с., ил.

Материалы состоят из 6 разделов в соответствии с секциями Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы–2019» (МНТК «ИМТОМ-2019»): «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «Цифровизация, инновационные разработки и экономика в машиностроении», «Химическое машиностроение», «Математическое и физическое моделирование информационных, технических, технологических и управленческих систем и процессов», «Инновационные сварочные технологии в промышленности», «Надежность, эффективность и безопасность объектов топливно-энергетического комплекса»

Будет полезно научным работникам, технологам и инженерам соответствующих специальностей.

ISBN 978-5-6043506-8-3 (т. 2)
ISBN 978-5-6043506-9-0

© АО «КНИАТ», 2019

© ООО «Фолиант», оформление, 2019

Все права защищены. Материалы Сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации без письменного разрешения АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий».

Использованные источники.

1. Бахтиева Л.И. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ / Л.И. Бахтиева, И.И. Хафизов // СОВРЕМЕННАЯ ЭКОНОМИКА: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ : сборник статей VIII Междунар. науч.-практич. конф. В 2 ч. Ч. 2. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. - С. 72-75.
2. Хафизов И.И., Хасанов А.А. АСПЕКТЫ МОТИВАЦИИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ КАЧЕСТВА / И.И.Хафизов, А.А.Хасанов //СОВРЕМЕННАЯ ЭКОНОМИКА: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ : Сборник статей IX Междунар. науч.-практич. конф. - Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2017. - С. 34-36.
3. Хафизов И.И. Инновационная система подготовки специалистов при формировании системы менеджмента качества организации/ «Автомобиль и техносфера»(ICATS 2011): материалы VI межд. науч.-практ. конф. - Казань, ЗАО «Мир без границ», 2011.-С.226-231.
4. Хафизов И.И. Система менеджмента качества образовательного учреждения, новые образовательные технологии и управление качеством подготовки кадров/И.И.Хафизов, А.Р.Закирова, З.Б.Хафизов//Современные технологии и материалы – ключевое звено в возрождении отечественного авиастроения: Материалы Международной научно-практической конференции. Т.4. Казань, 10-11 августа 2010 года. – Казань: Изд-во «Вертолет», 2010. – С.326-337
5. Бортник Б.И., Стожко Н.Ю., Судакова Н.П. От компетенций – к знаниям: дискуссионные аспекты структуры компетенций // Интернет-журнал «Мир науки» 2016, Том 4, номер 6, 2016. – С. 5;
6. Семченко, Е.Е. Модернизация компетентностного подхода - главный вектор диверсификации современной системы подготовки кадров [электронный ресурс] / Е.Е. Семченко // Интернет-журнал «Мир науки». - 2016 - Т.4. - №5. – Режим доступа: <http://mimauki.com/PDF/15PDMN516.pdf> (дата обращения: 26.10.2019)

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКЕ ТРУБ

Хайбуллина А.И., доцент

Савельева А.Д., студент

Хайруллин А.Р., инженер

кафедры «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий»

420066, г. Казань, ул. Красносельская, д.51 ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Аннотация. В работе численным методом исследуется теплообмен в шахматном пучке труб. В качестве рабочей жидкости используется вода. Число Рейнольдса $Re=1100$. Представлены результаты по теплообмену по глубине пучка труб для k -ε EWF, SST модели и ламинарного течения.

Abstract. A numerical method is used to study heat transfer in a staggered tube bundle. Water is used as a working fluid. Reynolds number $Re = 1100$. The results of heat transfer along the depth of the tube bundle for the k - ϵ EWF, SST model and laminar flow are presented.

Ключевые слова: математическое моделирование, шахматный пучок труб, теплообмен.

Key words: mathematical modeling, staggered tube bundle, heat transfer.

Введение. Теплообменные аппараты основными элементами, которых являются пучки труб, широко распространены в топливно-энергетическом комплексе. Определение оптимальных теплообменных и гидродинамических характеристик кожухотрубных аппаратов является важной задачей. Гидродинамические и теплообменные характеристики трубчатых пучков хорошо изучены экспериментально. В работах [1] представлены обобщающие зависимости по теплообмену, в зависимости от режимных и геометрических параметров пучков труб. Последние десятилетия широкое распространение получила вычислительная гидродинамика [2]. Применение математического моделирования позволяет отказаться от проведения дорогостоящих экспериментальных исследований. Вычислительная гидродинамика позволяет получить данные по локальному теплообмену и скоростям при течении жидкости в пучках труб. При расчете течения жидкости применяются различные модели турбулентности, от выбора которых зависит время и точность расчета. Широкое распространение получили RANS (осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса) модели турбулентности [2-4]. Применимость RANS моделей подтверждается сравнением с экспериментальными данными и зависит от режима течения и геометрических параметров пучков труб. Работы в этой области в основном посвящены вопросам гидродинамики, при этом среди них крайне мало работ, в которых рассматривается теплообмен. В данной работе представлены расчеты теплообмена в пучке труб с использованием модели переноса касательных напряжений SST, стандартной k - ϵ модели с расширенным пристеночным моделированием k - ϵ EWF и без применения модели турбулентности. Выбор SST и k - ϵ EWF моделей турбулентности был обусловлен тем, что в работе [4] они показали удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными.

Математическая модель

Область расчета показана на рис. 1. Диаметр трубки $D = 0,02$ м. Трубки в пучке располагались в шахматном порядке. Продольный и поперечный шаг был $s_{1,2} = 1,3$. На стенках трубок задавалась постоянная температура. На входе задавалась постоянная скорость с заданной температурой. Давление на выходе соответствовало атмосферному. Жидкость принималась с постоянными теплофизическими свойствами. Для дискретизации системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса использовался метод конечных объемов [5].

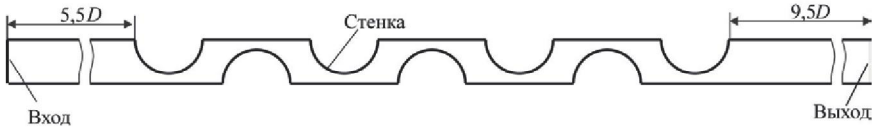


Рис. 1. Область расчета

Результаты расчетов

При проведении расчетов число Рейнольдса $Re = 1100$, число Прандтля $Pr = 5,10$. Для проверки сеточного решателя расчеты проводились на трех вариантах сеток. Характеристики сеток представлены в табл. 1. На рис. 2-3 представлены результаты расчета по теплообмену в пучке труб для SST, k -ε EWF и ламинарного случая в зависимости от глубины пучка. Для модели k -ε EWF измельчение сетки практически не повлияло на значения числа Nu (отклонение Nu между M2 и M3 не более 0,4). Для модели SST и ламинарного течения стабилизация полученных значений числа Нуссельта Nu достигнута на сетке M2 (отклонение Nu для M2 и M3 не более 0,5). На рис.3 показано распределение Nu по глубине пучка для SST, k -ε EWF и ламинарного случая полученные на сетки M3. Для k -ε EWF модели число Nu резко увеличивается на втором ряду, дальнейшее увеличение числа рядов Nu практически не оказывает влияния на Nu . Для SST модели и ламинарного течения также происходит резкое увеличение Nu на втором ряду, с дальнейшим увеличением рядов Nu снижается. Отличие с экспериментальными данными [1] для модели k -ε EWF составило 26,6% и 17,8% для SST и расчета без применения модели турбулентности (табл. 2).

Таблица 1. Характеристики расчетной сетки

Варианты сетки	Количество объемов	y_{min}/D	y_{max}/D
M1	40321	$1,56 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$
M2	65607	$1,15 \times 10^{-3}$	9×10^{-3}
M3	91368	$8,72 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{-3}$

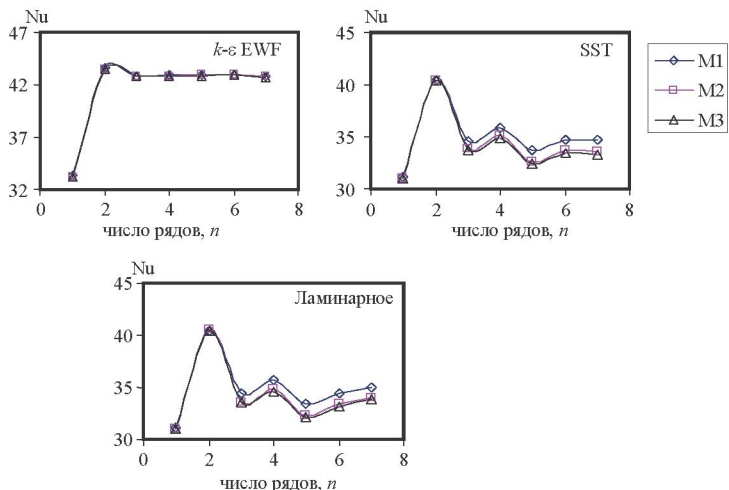


Рис. 2. Распределение теплоотдачи трубки по рядам пучка на различных сетках для $k-\epsilon$ EWF, SST модели и ламинарного течения

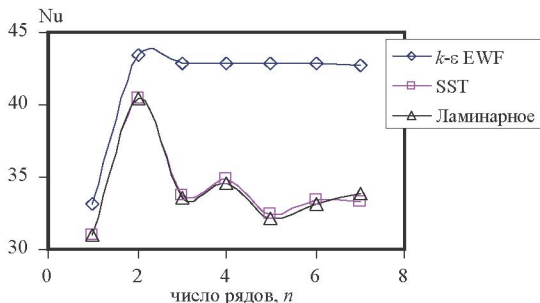


Рис. 3. Распределение теплоотдачи трубки по рядам пучка для сетки M3

Таблица 2. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными для второго ряда [1]

Модель	Варианты сетки	$Nu/Pt^{0,36}$
$k-\epsilon$ EWF	M3	24,18
SST	M3	22,49
Ламинарное течение (без применения модели турбулентности)	M3	22,51
[1]	-	19,1

Заключение

Результаты расчета полученных значений Nu на SST модели и без применения модели турбулентности отличаются незначительно (отклонение Nu не более 1%). Отличие полученных значений Nu на k - ϵ EWF модели более существенно (отклонение Nu достигает 33%). При этом отклонения между моделями существенней после второго ряда. SST модель и расчет без применения модели турбулентности лучше согласуются с экспериментальными данными (отклонение Nu составляет 17,8%).

Список литературы

1. Жукаускас А., Макарявичюс В., Шланчяускас А. Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. – Вильнюс: Изд. Моклас, 1968. – 192 с.
2. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений. – Санкт-Петербург: Изд. Политехнический университет, 2009. – 143 с.
3. Kulasekharan N., Prasad B. V. S. S. Performance of 2-D Turbulence RANS Models for Prediction of Flow Past a Staggered Tube Bank Array // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2009, vol 3, 386–407 pp.
4. Haibullina A.I., Chirukhin K.V., Sabitov L.S., Hayrullin A.R. RANS simulation for the prediction of heat transfer for staggered tube bundle in cross-flow // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials 2018, ISTC-IETEM 2018". 2019, T. 570, № 1, 012030 C.
5. ANSYS FLUENT, ANSYS, Inc. Southpointe, 2011.

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ТЕЧЕНИИ В ТРУБЕ

Хайбуллина А.И., доцент

Яруллина А.А., студент

Хайруллин А.Р., инженер

кафедры «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий»

420066, г. Казань, ул. Красносельская, д.51 ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Аннотация. В работе проведено численное исследование влияния несимметричных пульсаций потока на теплообмен в трубе для высоковязкой жидкости с числом Прандтля $Pr = 293$. Частота наложенный пульсаций потока f находилась в интервале от 0.5 Гц до 4 Гц, Число Рейнольдса Re базировалось на диаметре трубы и имело постоянное значение $Re = 100$, безразмерная относительная амплитуда пульсаций A/D соответствовала 3.

Abstract. A numerical study of the effect of asymmetric pulsating flow on heat transfer in a pipe for a highly viscous fluid with a Prandtl number $Pr = 293$ was carried out. The frequency of pulsating flow f ranged from 0,5 Hz to 4 Hz, the