

Материалы

IX Международной научно-технической конференции
«Инновационные машиностроительные технологии,
оборудование и материалы – 2018»
(МНТК «ИМТОМ – 2018»)

Часть 2

5-7 декабря 2018 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
Институт машиноведения Уральского Отделения Российской Академии Наук
ООО «ЦПР «Техносвар»

Материалы

IX Международной научно-технической конференции
**«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ – 2018»**
(МНТК «ИМТОМ – 2018»)

Часть 2

5-7 декабря 2018 года

Казань
2018

УДК 67
ББК К34
М34

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

М34 Материалы IX Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2018» (МНТК «ИМТОМ–2018»). Ч. 2. – Казань, 2018. – 408 с., ил.

Материалы состоят из 5 разделов в соответствии с секциями Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы– 2018» (МНТК «ИМТОМ-2018»): «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «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».

Будет полезно научным работникам, технологам и инженерам соответствующих специальностей.

ISBN 978-5-6041706-5-6 (m. 2)
ISBN 978-5-6041706-6-3

© АО «КНИАТ», 2018

© ООО «Фолиант», оформление, 2018

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».

Литература

1. Филина О.А., Гиматдинов Ф.С., Елисеев Б.О. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В сборнике: Приоритетные научные направления и критические технологии сборник материалов I Международной научно-практической конференции. 2017. С. 90-97.

2. Филина О.А., Гиматдинов Ф.С., Елисеев Б.О. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДРЕМОНТНОЙ И ПОСЛЕРЕМОНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ В сборнике: НАУКА СЕГОДНЯ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 87-89.

3. Филина О.А., Гиматдинов Ф.С., Елисеев Б.О. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПО СОСТАВУ КАРТЕРНОГО МАСЛА В сборнике: МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 126-128.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА С УЧЕТОМ ПУЛЬСАЦИЙ, НАЛОЖЕННЫХ НА ПОТОК

Хайбуллина А.И., доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий»

Бадретдинова Г.Р. студент кафедры «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий»

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

Аннотация. Представлена математическая модель теплообмена в проточном канале с пучком труб коридорного расположения.

Abstract. Mathematical model of heat transfer in a flow channel with a bundle of pipes of corridor arrangement is presented.

Ключевые слова: теплообмен, пульсирующие течения, модель турбулентности, математическая модель

Key words: heat transfer, pulsating flow, turbulence model, mathematical model

Для расчета теплообмена в пульсирующих течениях была разработана математическая модель теплообмена в проточном канале с пучком труб коридорного расположения (рис.1)

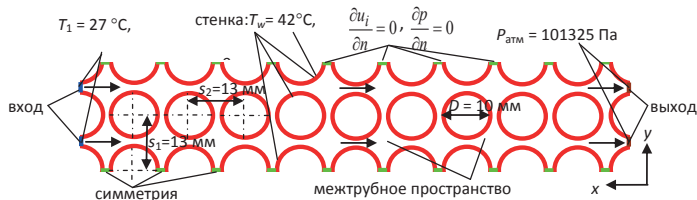


Рисунок 1. Расчетная область модели

Для описания течения жидкости нами использовалось уравнение Навье-Стокса осредненное по методу Рейнольдса с применением теории турбулентной вязкости предложенной Ж. Буссинеском и уравнением неразрывности

$$\frac{\partial \rho \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho (\bar{u}_j \bar{u}_i)}{\partial x_j} = - \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left((\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) \right), \quad (1) \quad \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0, \quad (2)$$

где \bar{u}_i , \bar{u}_j – компоненты осредненной скорости; ρ – плотность жидкости; μ – динамическая вязкость; \bar{p} – давление; μ_t – турбулентная вязкость; ($i = 1, 2, j = 1, 2$).

Для описания теплопереноса было использовано уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа

$$c_p \left(\frac{\partial}{\partial t} \rho T + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j T) \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\lambda + \lambda_t) \frac{\partial T}{\partial x_j} \right], \quad (3)$$

где c_p – теплоемкость жидкости; $\lambda_t = c_p \mu_t / Pr_t$ – турбулентная теплопроводность; $Pr_t = 0,85$ – турбулентное число Прандтля; \bar{T} – температура.

Для расчета турбулентной вязкости систему уравнений (1-3) необходимо дополнить корректной моделью турбулентности. От выбора модели турбулентности зависит точность расчета и его время. От этого следует, что выбор модели турбулентности является важной задачей. На основе проведенного литературного анализа были выбраны 3 наиболее оптимальные модели турбулентности SA, SST, RSM [1, 2, 3, 4, 5].

Результаты, полученные на основе моделей SA, SST, RSM [6], а также SARC, которая является модификацией модели SA, сравнивались между собой и с экспериментальными данными приводимыми некоторыми авторами.

На рис. 2 показана интенсивность теплообмена $Nu_{ст}$ для стационарного течения при числах $Re \approx 500$ и $Pr \approx 5$ для различных моделей турбулентности и приводимая некоторыми авторами. Как видно по рис. 2 результаты, полученные на разных моделях идентичны. Результаты моделирования также хорошо согласуются с данными других авторов, при этом данные приводимые Жукаускасом лучше всего согласуются с результатами моделирования. Лучшее

совпадение с Жукаускасом возможно связано с тем, что для определения теплоотдачи использовался тот же метод, что и в работе Жукаускаса.

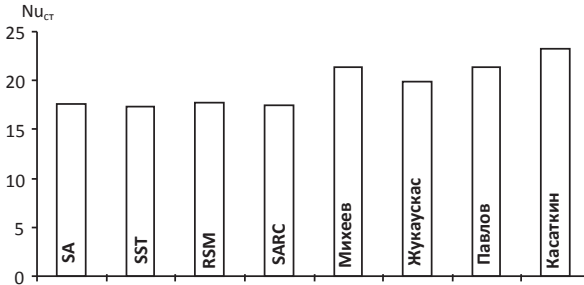


Рис. 2. Интенсивность теплообмена Nu в коридорном пучке труб при $Re \approx 500$ и $Pr \approx 5$ для разных моделей турбулентности и приводимая некоторыми авторами

На рис. 3 приведены контуры температур для модели SARC и RSM для стационарного течения и для пульсирующего при разных моментах времени. По рис. 3 видно, что структура течения в обеих моделях идентична.

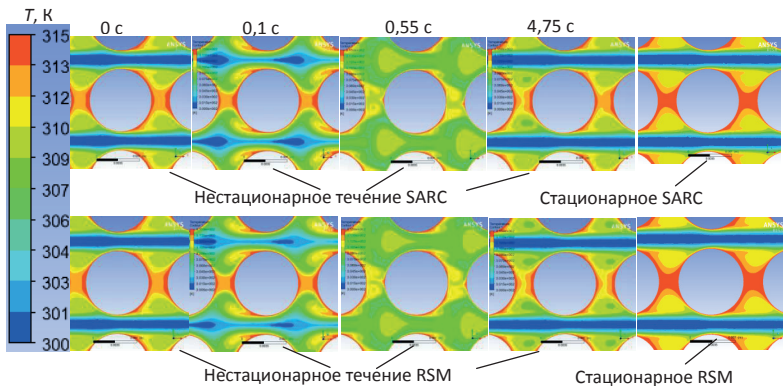


Рис. 3. Контуры температур

Исходя из выше сказанного, а также ввиду того что среди упомянутых моделей менее затратной в плане машинного времени необходимого для ее решения является модель SA, то для моделирования турбулентности оптимальна модель SA. Учитывая неоднородность линии тока в пульсирующем течении, модель SA использовалась в модифицированном виде SARC с поправкой на кривизну линии тока (RC).

Таким образом, система уравнений (1-3) для расчета теплообмена в пучках труб в условиях пульсирующих течений дополняется уравнением модели турбулентности SARC [2]

$$\frac{\partial \rho \tilde{v}}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{u}_j \tilde{v}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\rho(v + \tilde{v})}{\sigma_v} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} \right) + \frac{C_b 2\rho}{\sigma_v} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial x_j} + \rho P_v - \rho \epsilon_v, \quad (4)$$

где P_v – скорость генерации турбулентной вязкости, а ϵ_v – скорость её диссипации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18-79-10136).

Список литературы

1. 11. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
2. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — 143 с.
3. Wang You Qin. Turbulence Modeling Applied to Flow Through a Staggered Tube Bundle // Journal of Thermophysics and Heat Transfer. – 2010. – Vol. 24, № 3. P. 534–543.
4. Wang Y.Q., Jackson P.L., Ackerman J.D. Numerical Investigation of Flow over a Sphere using LES and the Spalart-Allmaras Turbulence Mode // Thirteenth annual conference of the Computation Fluid Dynamics Society of Canada CFD, 2005. p. 417-425.
5. Zabaleta Alfredo Guardo. Phd Computational Fluid Dynamics Studies in Heat and Mass Transfer Phenomena in Packed Bed Extraction and Reaction Equipment: Special Attention to Supercritical Fluids Technology P.233.
6. Хайбуллина А.И., Хайруллин А.Р., Синявин А.А., Ильин В.К. Моделирование турбулентности пульсирующего потока теплоносителя в коридорном пучке труб // Сборник статей V Всероссийской научной конференции «Теплофизические основы энергетических технологий» с международным участием, Томск, Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 368-372 с.

Мурзабаева А.Н., Пугачева М.А. Особенности формирования кадровой политики в энергетической сетевой компании.....	203
Плющев В.В., Аминова Г.А., Мануйко Г.В., Бронская В.В. Моделирование кинетики синтеза сополимеров пропилена и этилена в реакторе с псевдоожиженным слоем	207
Привалова В.В., Просвиряков Е.Ю. Крупномасштабное течение вязкой несжимаемой жидкости с условием идеального скольжения границе.....	211
Пугачева М.А., Молдавская О.А. Анализ и совершенствование элементов системы материально-технического обеспечения организации	216
Ростунцова И.А., Бурмистров Н.А. Исследование промышленного внедрения двигателей внешнего сгорания.....	220
Ростунцова И.А., Алексашин В.А. Моделирование тепловых схем ТЭС с использованием газовых надстроек	224
Сабиров А.Р., Хусанов Р.М. Управление упругими перемещениями технологической системы при фрезеровании на основе исследования главных осей деформаций.....	228
Сабитов Л.С., Кашапов Н.Ф. Теоретико-экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) тонкостенных стержней оболочек закрытого профиля	232
Сафаров Д.Т., Кондрашов А.Г., Хафизов И.И. Разработка методики четырехточечного измерения сферических поверхностей деталей машин	236
Старовойтова Е.В., Галеев А.Д., Артемьев С.А., Поникаров С.И. Определение массы газа во взрывоопасных пределах при аварийных выбросах сжиженного бутана в атмосферу с помощью численного моделирования.....	240
Тукмаков Д.А. Сопоставление математических моделей ударных волн в дисперсных средах учитывающих и не учитывающих процесс дробления капель в волне сжатия	244
Тукмакова Н.А., Тонконог В.Г., Тукмаков А.Л. Движение парокapельной смеси с нагревом и испарением капель крупных фракций	247
Федяев В.Л., Беляев А.В., Сироткина Л.В. Об одном критерии образования пор в сварных швах.....	251
Федяев В.Л., Халиулин В.И., Беляев А.В., Минимуллин А.Э. Математическое моделирование термообработки трехслойного материала	254
Филина О.А., Елисеев Б.О., Гиматдинов Ф.С. Современные возможности вибродиагностики ГЭТ.....	260
Хайбуллина А.И., Бадретдинова Г.Р. Математическая модель теплообмена с учетом пульсаций, наложенных на поток	263
Хайбуллина А.И., Чирухин К.В. Результаты численного моделирования теплообмена.....	267
Хамидуллина Д.А., Кондрашева С.Г., Лашков В.А. Обобщенная методика исследования тепломассоперноса в условиях непрерывно повышающегося вакуума на основе системного анализа процессов	271
Хусанов Р.М., Крестьянинов П.Н., Сафин Д.Д. Методология оптимизации режимов резания при фрезеровании	275