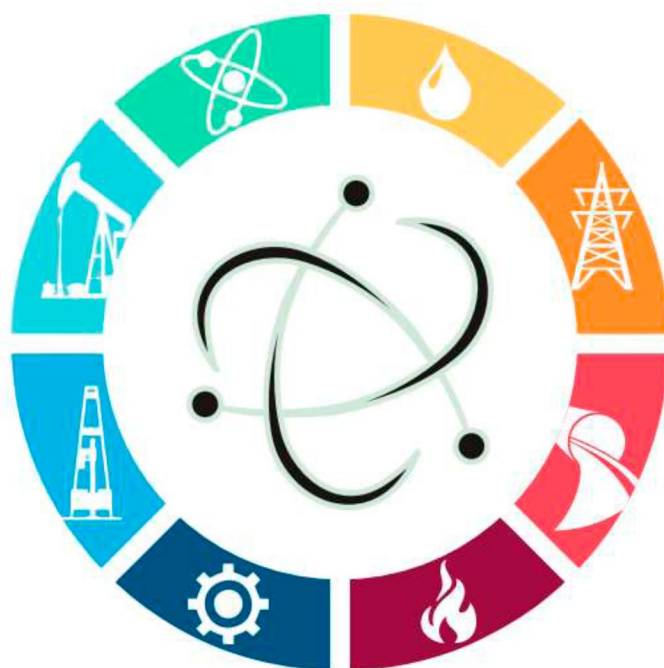


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АЛЬМЕТЬЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ИНСТИТУТ»

Сборник материалов
Международной научно-практической конференции

ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Том III



25-28 октября 2017 г.
г. Альметьевск

УДК 001
Д - 70

Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт. – 2018. Т.3. – 468 с.

Ответственный редактор: Гуськова И.А. – д.т.н.

Редакционная коллегия:

Хузина Л.Б. – д.т.н.

Алиев М.М. – д.т.н.

Бурханов Р.Н. – к.г.-м.н.

Двояшкин Н.К. – д.ф.-м.н.

Нурбосынов Д.Н. – д.т.н.

Ситдикова И.П. – к.т.н.

Бикбулатова Г.И. – к.т.н.

Садыкова Р.Ш. – д.э.н.

Гумерова Д.М. – начальник НИО

Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли. 2017.

Сборник включает материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли», проходившей 25–28 октября 2017 г. в г. Альметьевск. В сборник III тома вошли секционные доклады по направлениям «Энергетические системы и комплексы в нефтегазовой отрасли», «Экономика и управление в нефтяной и газовой промышленности».

Печатается по решению Ученого Совета АГНИ

УДК 001
Д-70

ISBN 978-5-94454-032-4

© ГБОУ ВО «Альметьевский государственный
нефтяной институт», 2018

А.А. Тишаков, Н.П. Краснова СХЕМА УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА	124
Р.В. Ключев, И.И. Босиков, М.З. Мадаева ПОСТРОЕНИЕ ЕДИНОЙ ПРОМЫШЛЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА	128
М.Р. Насырова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ	133
Д.Н. Нурбосынов, Ю.В. Коновалов ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	135
И.С. Ерилин, О.В. Смородова МЕТОД НОРМИРОВАНИЯ РАЗМАХА ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ	138
Е.О. Бушуев, Е.В. Бурдыгина, А.Ю. Трофимов ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПАРОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	141
В.Я. Фролов, Г.К. Петров, Б.А. Юшин, Д.В. Иванов ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ: ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ	147
Г.Р. Бадретдинова, А.И. Хайбуллина, К.В. Чирухин ЛОКАЛЬНАЯ ТЕПЛООТДАЧА ЦИЛИНДРА КОРИДОРНОГО ПУЧКА ТРУБ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРОТИВОТОЧНЫМИ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ПУЛЬСАЦИЯМИ	153
Н.Д. Якимов, М.Ю. Шалина МЕТОД РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА 1-ГО РОДА ПРИ НЕПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	158
А.Н. Якунин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА СТАНКЕ-КАЧАЛКЕ	161

СЕКЦИЯ 8. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Ф. Яртиев, Р.Х. Саегараев, В.Б. Подалов ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В НГДУ «БАВЛЫНЕФТЬ» ПАО «ТАТНЕФТЬ» ИМ. В.Д. ШАШИНА	165
Тэ Пан ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ КИТАЯ	174
С.В. Юдина, Э.Г. Тамасов КРИПТОВАЛЮТА: ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ ФИНАНСОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ ИЛИ ОЧЕРЕДНАЯ ФИНАНСОВАЯ ПИРАМИДА	179
Р.Ш. Садыкова, А.Ш. Фархутдинова АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ ДОХОДОВ В РЕГИОНАЛЬНЫЙ БЮДЖЕТ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	186
А.М. Сулейманова, Л.Н. Краснова АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ В НДПИ НА НЕФТЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ	194
В.Н. Фаррахов, А.В. Фадеева АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	197
А.Н. Ильин, И.Ю. Данилова КРИПТОВАЛЮТА КАК ФАКТОР СМЕНЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ)	200
А.А. Багаутдинов, Д.А. Детистов НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	206
Л.В. Гусарова, М.Р. Магдеева СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИЕЙ МОЛОДЫХ СОТРУДНИКОВ НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	210
Р.Р. Садыкова, А.Р. Гарипова СИСТЕМАТИЗАЦИЯ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ	213
О.А. Фатхутдинова, Д.Г. Зиннурова АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КАПИТАЛА ПАО «ТАТНЕФТЬ»	221
Л.М. Алексеева TECHNOLOGY-INTEGRATED ENGLISH AT UNIVERSITY	227
Ф.Б. Исмайылова, Х.Г. Исмайылова НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ РАЗЛИВЕ НЕФТИ	231
О.В. Еременко, А.С. Новикова ИННОВАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА В РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ	235
С.А. Каримова МЕЖСТРАНОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ БИЗНЕСА	241
О.В. Еременко ИННОВАЦИИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ КОМПАНИИ	247
Л.Н. Краснова, Д.Ф. Мифтахова ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УВЕЛИЧЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ, (НА ПРИМЕРЕ НГДУ «ЛЕНИНОГОРСКНЕФТЬ»)	252
Н.С. Галимова ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НГК НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ	258
Е.А. Булатова МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕНЫ НА ГОТОВУЮ ПРОДУКЦИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	263
Р.Ш. Садыкова, Л.Д. Пучкина, Т.А. Богоев ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ФОРМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ	268
Ч.С. Закирова, Э.Ю. Ахметшина СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО УЧЕТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ КОМПАНИИ	273
О.В. Киселева, А.Ф. Усманова КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ	275
О.В. Киселева, А.Ф. Усманова МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРЕВЕНТИВНОГО АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ	279
О.В. Киселева, А.Ф. Усманова РАЗЛИЧНЫЕ ТРАКТОВКИ ПОНЯТИЯ «КРИЗИС»	284

10. Исаева, Е.М. Исследование технологии плазменного напыления металлического порошка на углеволоконистую ткань / Е.М. Исаева, В.Я. Фролов, Г.К. Петров // В сборнике: Пленки и Покрытия - 2015 Материалы 12-ой Международной конференции. – 2015. – С. 257-259.

11. Б. А. Юшин. Разработка воздушно-плазменной электротехнологии нанесения защитно-декоративных покрытий: дис. канд. техн. наук. – СПб., 2010. – 168 с.

УДК 621.1

**ЛОКАЛЬНАЯ ТЕПЛООТДАЧА ЦИЛИНДРА КОРИДОРНОГО ПУЧКА
ТРУБ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ПРОТИВОТОЧНЫМИ
НИЗКОЧАСТОТНЫМИ НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ПУЛЬСАЦИЯМИ**
LOCAL HEAT TRANSFER A TUBE IN A CORRIDOR TUBE BUNDLE UNDER HEAT
ENHANCEMENT BY USING UPSTREAM LOW-FREQUENCY ASYMMETRICAL
PULSATIONS

Г.Р. Бадретдинова, А.И. Хайбуллина, К.В. Чирухин

(G.R. Badretdinova, A.I. Khaibullina, K.V. Chirukhin)

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Казанский государственный
энергетический университет»**

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Power Engineering University»)

Численным методом рассмотрено влияние противоточных низкочастотных несимметричных пульсации (ПННП) на локальный коэффициент теплоотдачи по периметру цилиндра коридорного пучка труб, при поперечном обтекании потоком теплоносителя. Числа Рейнольдса Re в пучке труб лежали в диапазоне $Re = [100 \div 900]$, частота пульсаций $f = [0,166 \div 0,5]$ Гц, амплитуда $A = [0,0125 \div 0,045]$ м. Рассмотрено влияние частоты f и амплитуды A на локальную теплоотдачу при ПННП. Показаны поля температур и скоростей по периметру цилиндра в пучке труб.

Influence local heat transfer a tube in a corridor tube bundle around the perimeter of the cylinder under downstream low-frequency asymmetrical pulsations (DLAP) with cross-flow past heat carrier is numerically studied. The numerical experiments were performed Reynolds number tube bundle over a range of $Re = [100 \div 900]$ and changing of flow impulses frequency was limited with values $f = [0,166 \div 0,5]$ Hz, pulsation amplitude fluid in the tube bundle corresponded $A = [0,0125 \div 0,045]$ m. Dependence of local heat transfer from frequency f and the amplitude A at ULAP studied. Showing contours of temperature and velocity vectors around the perimeter of the cylinder in the tube bundle.

Ключевые слова: математическое моделирование, низкочастотные несимметричные пульсации, локальная теплоотдача.

Keywords: mathematical modeling, low-frequency asymmetrical pulsations, local heat transfer.

В теплосиловых установках, химической пищевой и других отраслях промышленности широко применяются теплообменные аппараты, основными элементами которых являются обтекаемые пучки труб [1].

Характер движения потока жидкости в пучке зависит от схемы расположения трубок. В коридорных пучках все трубки второго и последующих рядов находятся в вихревой зоне впереди стоящих. Между трубками по глубине пучка образуются застойные зоны, в которых жидкость циркулирует слабо, что приводит к уменьшению интенсивности теплообмена в этих зонах.

Для интенсификации теплообмена в коридорных пучках необходимо использовать методы, направленные на разрушение застойных зон и увеличение циркуляции жидкости в них. Для этой цели можно применить активные методы интенсификации теплообмена, а именно создание пульсаций потока.

Пульсации потока жидкости в различных устройствах (одиночная труба, змеевик, обтекание цилиндра и т.д.) в основном имеют симметричный характер, [2-4] что достигается за счет изменения проходного сечения на входе или выходе в исследуемое устройство. Например, в работе [5] пульсации потока в трубе имели синусоидальный характер и осуществлялись при помощи специального механизма, установленного на выходе из трубы представляющего собой круглый диск вращающейся вокруг собственной оси с необходимой частотой, что, по сути, является периодическим прерыванием течения потока жидкости. Такие прерывания потока жидкости приводят к периодическим замедлениям и ускорениям потока, что в свою очередь может приводить к обновлению поверхности теплообмена и срыву пограничного слоя и т.д. Однако при прерываниях потока жидкости практически не возникает обратного тока, который способствует более интенсивному перемешиванию потока с забросом жидкости в застойные зоны коридорных пучков труб.

В работе [6] колебания создавались подачей противоточных низкочастотных несимметричных пульсаций (импульсов) (ПННП) в пульсационную камеру, установленную на выходе из теплообменника. На входе в теплообменник был установлен гидравлический аккумулятор, служащий для обратного хода теплоносителя в теплообменнике. При таких пульсациях поток жидкости совершает возвратно поступательное движение в пучке труб, что способствует разрушению застойных зон.

Проведен анализ влияния таких параметров ПНП как частота f , амплитуда A на локальную теплоотдачу цилиндра в пучке с помощью математического моделирования.

В коридорном пучке наблюдается два места соударения струи с поверхностью, следовательно, и два места с максимальным коэффициентом теплоотдачи [1].

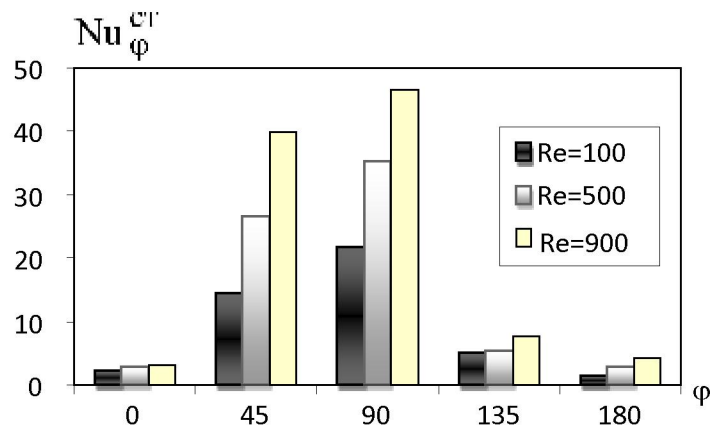


Рисунок 1 – Локальная интенсивность теплообмена по периметру цилиндра для стационарного течения в зависимости от Re

На рис. 1, 2 показаны значения локальной интенсивности теплообмена по периметру цилиндра в зависимости от Re для стационарного $Nu_{\phi}^{ст}$ и нестационарного течения $Nu_{\phi,t}^{нс}$. По рис. 1, 2 видно, что максимум $Nu_{\phi}^{ст}$ и $Nu_{\phi,t}^{нс}$ наблюдается при $\phi = 45^\circ, 90^\circ$.

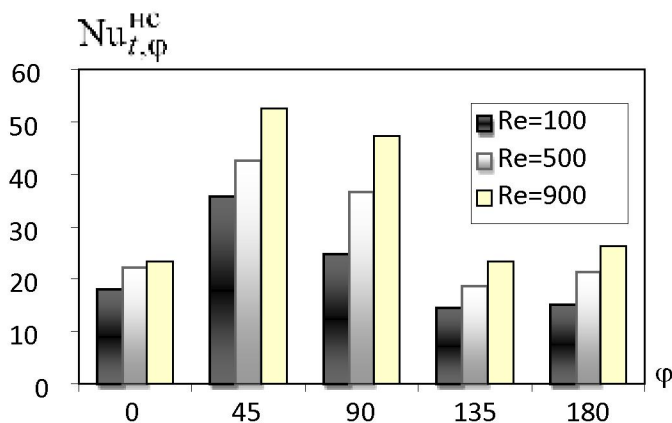


Рисунок 2 – Локальная интенсивность теплообмена по периметру цилиндра в зависимости от Re для нестационарного течения при $A/D=1,25, f = 0,5$ Гц

При $A/D=1,25; Re = 100$ (рис. 3) с повышением f увеличение локальных приростов δNu_{ϕ} интенсивней всего происходит при $\phi = 0^\circ$ и 180° в диапазоне $f = [0,25 \div 0,5]$ Гц.

Максимальный прирост $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$ для всего диапазона f наблюдается при $\varphi = 180^\circ$, минимальный при $\varphi = 90^\circ$.

Когда $f = 0,5$, $Re = 100$ (рис. 4) рост локальных приростов $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$ с увеличением A/D , также как и с увеличением f наблюдается по всему периметру цилиндра. Максимальное значение $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$ во всем диапазоне A/D наблюдается при $\varphi = 180^\circ$.

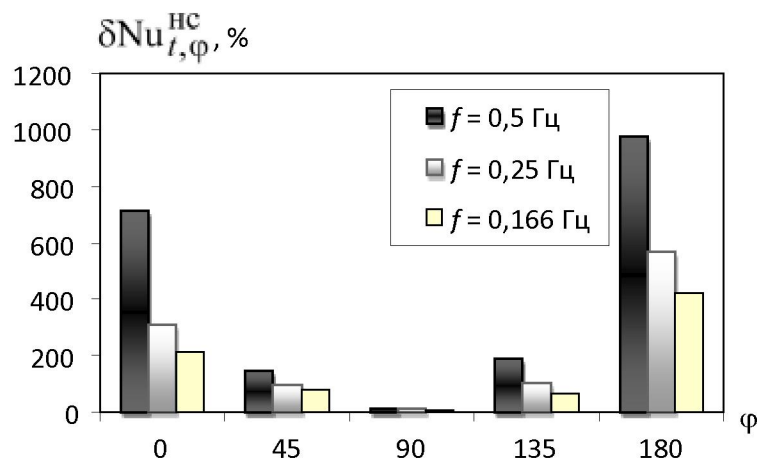


Рисунок 3 – Прирост локальной интенсивности теплообмена по периметру цилиндра в зависимости от f при $A/D=1,25$; $Re = 100$

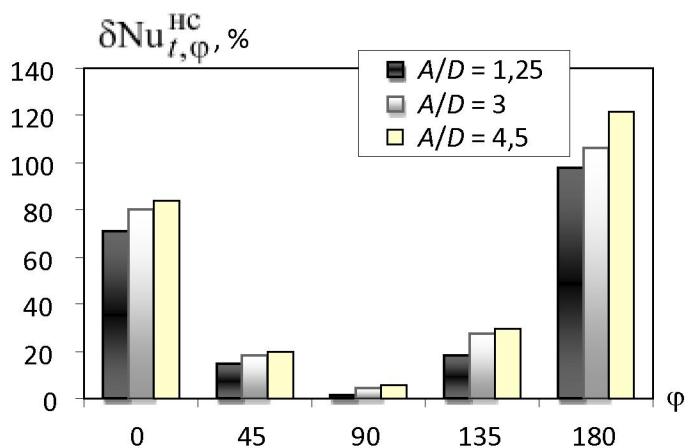


Рисунок 4 – Прирост локальной интенсивности теплообмена по периметру цилиндра в зависимости от A/D при $f = 0,5$; $Re = 100$

Когда $f = 0,5$, $A/D = 1,25$ (рис. 5) и $\varphi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ с увеличением Re наблюдается рост $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$, при $\varphi = 135^\circ$, с ростом Re сначала происходит увеличение $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$ до $Re = 500$, затем прирост $\delta Nu_{t,\varphi}^{HC}$ уменьшается.

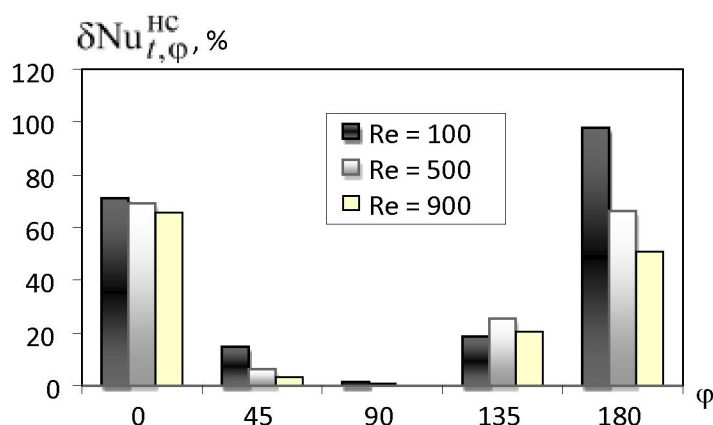


Рисунок 5 – Прирост локальной интенсивности теплообмена по периметру цилиндра в зависимости от Re при $f = 0,5$; $A/D = 1,25$

Выводы

Рассмотрено влияние ПННП на локальную теплоотдачу цилиндра в коридорном пучке труб. При ПННП замечено более развитое течение потока в тупиковых зонах с равномерным распределением температур по сравнению со стационарным течением.

Зафиксировано, что повышение f и A/D приводит к увеличению локальной теплоотдачи по всему периметру цилиндра.

Интенсификация теплообмена в основном наблюдается в лобовой и кормовой части трубки.

Увеличение теплоотдачи происходит за счет дополнительного перемешивания и турбулизации потока жидкости в застойных зонах пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукаускас А.А. Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. Вильнюс: Минтис, 1968. 192 с.

2. Киселев В.В., Фатхуллин Р.Г., Моряшов А.А., Гурьянов А.И. Исследование теплообмена при пульсирующем движении теплоносителя // Известия высших учебных заведений. «Проблемы энергетики». 2004. № 5-6. С. 121-123.

3. Velazquez A., Arias J.R., Mendez B. Laminar heat transfer enhancement downstream of a backward facing step by using a pulsating flow // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2008. Vol 51. P. 2075-2089.

4. Khalil Khanafer, Bader Al-Azmi, Awadh Al-Shammari, Ioan Pop. Mixed convection analysis of laminar pulsating flow and heat transfer over a backward-facing step // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2008. Vol 51. P. 5785-5793.

5. Elsayed A.M. Elshafei, M. Safwat Mohamed, H. Mansour, M. Sakr. Experimental study of heat transfers in pulsating turbulent flow in a pipe // International Journal of Heat and Fluid Flow. 2008. Vol 29. P. 1029-1038.

6. Хайбуллина А.И., Ильин В.К. Экспериментальное исследование внешней теплоотдачи при поперечном обтекании коридорного пучка труб при $Re \leq 500$ с наложением на поток низкочастотных несимметричных пульсаций. // Известия ВУЗов «Проблемы энергетики». 2014. № 1-2. С. 11-19.

7. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2009. 143 с.

8. 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. С. 368-372.

УДК 536.243

МЕТОД РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА 1-ГО РОДА ПРИ НЕПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**METHOD OF THE REGULAR REGIME OF THE FIRST KIND IN AN UNSTABLE
TEMPERATURE ENVIRONMENT**

Н.Д. Якимов, М.Ю. Шалина

(N.D. Yakimov, M.Y. Shalina)

Казанский государственный энергетический университет

(Kazan State Power Engineering University)

Рассмотрен вариант метода регулярного режима, не требующий точного поддержания постоянной температуры охлаждающей (нагревающей) среды. Построен алгоритм и разработана программа аналитического решения для рассматриваемого процесса нестационарной теплопроводности в случае шарообразного образца. Создана численная модель для рассматриваемого процесса нестационарной теплопроводности шарообразного образца. Проведено тестирование программ путём сопоставления их результатов для “классической” внутренней задачи, а также для задачи об охлаждении в ограниченном объёме среды при начальном “регулярном” распределении температуры.

The variant of the method of the regular mode that does not require precise maintenance of constant temperature cooling (warming) environment. The constructed algorithm and developed a program of analytical solutions for the transient heat conduction process in the case of a spherical sample. Created numerical model for the process of transient heat conduction spherical sample. Conducted testing of programs by matching their results to the “classical” internal tasks and to the problem of cooling in the limited volume of medium at an initial “regular” temperature distribution.