

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Министерство образования и науки Республики Татарстан  
Академия наук Республики Татарстан  
Российский национальный комитет СИГРЭ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»

**XIII МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

24–27 апреля 2018 г.

Тезисы докладов

В трех томах

*Под общей редакцией ректора КГЭУ  
Э. Ю. Абдуллазянова*

Том 2

Казань  
2018

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2  
Т67

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «КНИТУ» А.Н. Николаев;  
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «КГЭУ» Э.В. Шамсутдинов

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доц. Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор);  
канд. техн. наук, доц. Э.В. Шамсутдинов (зам. гл. редактора);  
д-р пед. наук, проф. А.В. Леонтьев; д-р хим. наук, проф. Н.Д. Чичирова; д-р  
техн. наук, проф. И.В. Ившин; канд. физ.-мат. наук, доц. Ю.Н. Смирнов;  
канд. полит. наук, доц. А.Г. Арзамасова

Т67 XIII молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения». В 3 т. Т. 2: тезисы докладов (Казань, 24–27 апреля 2018 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 356 с.

ISBN 978-5-89873-508-1 (т. 2)  
ISBN 978-5-89873-510-4

Представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

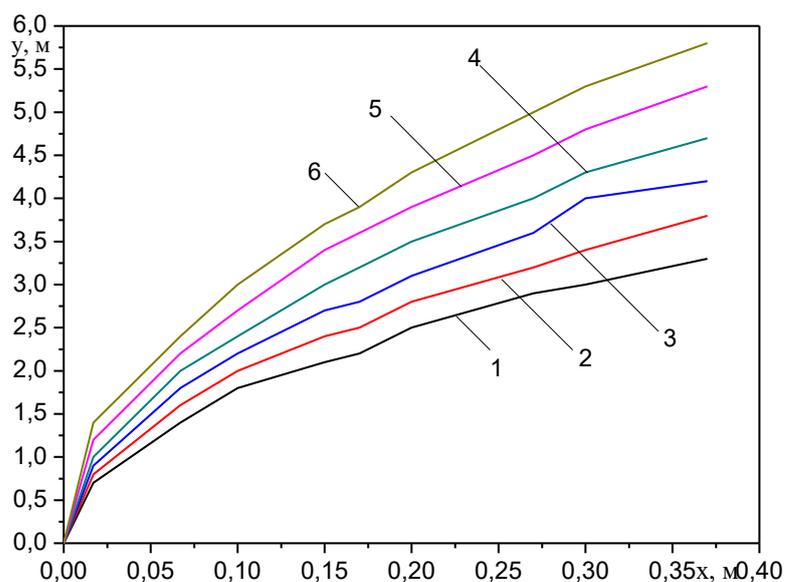
Тезисы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 371.334  
ББК 31.2+31.3+81.2

ISBN 978-5-89873-508-1 (т. 2)  
ISBN 978-5-89873-510-4

© Казанский государственный энергетический университет, 2018

На рисунке приведены графики траекторий движения капель.



Траектории движения капель: 1 –  $y_{pi} = 20$  мкм; 2 –  $y_{pi} = 40$  мкм; 3 –  $y_{pi} = 60$  мкм;  
4 –  $y_{pi} = 80$  мкм; 5 –  $y_{pi} = 100$  мкм; 6 –  $y_{pi} = 120$  мкм

### Литература

1. Математические модели и расчет распределения топлива в турбулентном потоке воздуха за центробежной форсункой: учебное пособие / С. В. Лукачев [и др.]. – 2011. – 115 с.
2. Численное исследование спектра распыливания центробежной форсунки / О. С. Попкова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10(134).

УДК 66.02

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ОТ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТРУЙНО-ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА К ПОТОКУ ГАЗА

ХАФИЗОВА А.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преподаватель КРУГЛОВ Л.В.

Применение систем обратного водоснабжения и модернизация существующих конструкций являются одним из перспективных направлений в повышении эффективности работы производства. В большинстве случаев на энергетических предприятиях для охлаждения обратного водоснабжения используются вентиляторные градирни.

Охлаждение воды в градирнях происходит в оросителе, во многом именно от него зависит степень охлаждения жидкости. Насадки для подобных устройств имеют различные конструкции, которые обладают рядом достоинств и недостатков. Наиболее предпочтительными в использовании являются струйно-пленочные контактные устройства (патент № 165690 РФ). Они отличаются низким гидравлическим сопротивлением, хорошей смачиваемостью и большой удельной площадью поверхности контакта жидкости и газа [1].

Основными показателями эффективности струйно-пленочных контактных устройств являются его гидравлическое сопротивление и площадь контакта двух фаз.

Процесс теплообмена в контактных устройствах складывается из испарения части воды и передачи тепла от нее к воздуху при их контакте.

Проводилось численное моделирование на примере теплоотдачи от стенки к воздуху и от стенки к азоту. Температура газов принималась 20 °С, температура стенки – 40 °С. Скорость газов варьировалась в диапазоне от 0,2 до 3 м/с, что соответствует значениям в действующих колонных аппаратах. В расчетах принималось, что сливные стаканы были полностью заполнены жидкостью. Исследуемое устройство состояло из 2-х ступеней. Ширина сливных стаканов задавалась равной 30, 60 и 120 мм.

Исследования показали, что существуют два режима теплообмена. Критическое число Рейнольдса, позволяющее определить эту границу, находится в диапазоне значений 4000–5000.

Из рисунка видно, что зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса степенная. Значение множителя находится в диапазоне 0,0278–0,0327, а диапазон значений показателя степени 0,7835–0,8012. Сопоставим полученные результаты с известным уравнением [2]  $Nu = 0,037 Re^{0,8} Pr^{0,4}$ .

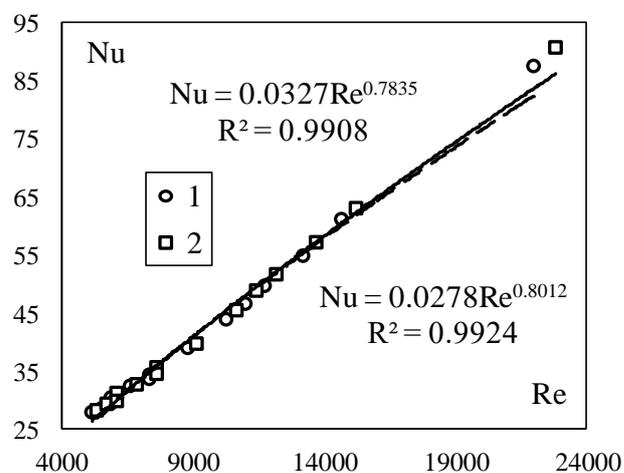


Рис. 1 Зависимость числа Нуссельта от числа Рейнольдса при турбулентном режиме движения газов: 1 – воздух; 2 – азот

Данные, вычисленные по этому уравнению, достаточно хорошо согласуются с данными, полученными в результате настоящих исследований в диапазоне чисел Рейнольдса 5000–25000. Среднеквадратичное отклонение не более 18 %.

При значениях числа Рейнольдса менее 3000 и более 24000 классическое уравнение для расчета теплоотдачи между пластиной и жидкостью дает завышенные результаты.

Следует отметить, что предлагаемые струйно-пленочные контактные устройства с приемлемыми энергетическими затратами работают при значениях чисел Рейнольдса менее 25000. Поэтому в данных исследованиях необходимы зависимости при  $Re < 25000$ .

При ламинарном режиме уравнения для расчета числа Нуссельта при обтекании пластины дают некорректные результаты. Следовательно, необходимо получение уравнений, позволяющих производить расчеты с достаточной точностью.

### Литература

1. Алимова, Л. А. Применение численного метода для исследования гидродинамики градирни / Л. А. Алимова // Молодой ученый. – 2016. – № 8. – С. 172–174.
2. Цветков, Ф. Ф. Теплообмен / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 592 с
3. Хусаинов, Р. Р. Определение качества фильтра на основе расчета перепада давления газа и эффективности осаждения аэрозольных частиц / Р. Р. Хусаинов.

УДК 532.546

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

ХУСАИНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. СОЛОВЬЕВА О.В.

Использование высокопористых ячеистых материалов с развитой площадью поверхности представляет собой важный прорыв во многих промышленных применениях. Среди различных пористых сред металлические высокопористые ячеистые материалы демонстрируют отличительные

При наличии в замкнутом контуре охлаждения поверхностного конденсатора для циркуляции воды используются простые насосы. Для вывода конденсата из горячего водосборника в питательную водяную систему требуется отдельная группа нагнетательных насосов [1].

В случае применения смешивающего конденсатора циркуляционные насосы могут быть применены не только для циркуляции охлаждающей воды, но и для вывода конденсата из конденсатора турбины. Таким образом, отпадает необходимость в применении отдельной группы насосов для откачки конденсата. Циркуляционные насосы увеличивают давление воды до такого уровня, что в системе не будет ни одной точки с давлением ниже атмосферного, что исключает подсос воздуха. Часть напора обратной воды может быть утилизирована в гидравлической турбине.

Водо-воздушные теплообменники (охладительные дельты) отводят тепло из цикла. Для сохранения работоспособности охладителей в течение всего срока службы электростанции желательно, чтобы они были монометаллическими. Охладительные дельты группируются в параллельные секции, которые можно подключать отдельно независимо друг от друга. Такая конструкция обеспечивает повышенную безопасность и надежность. [3]

### Литература

1. Лаптев, А. Г. Устройство и расчет промышленных градирен: монография / А. Г. Лаптев, И. А. Ведьгаева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2004. – 180 с.
2. Гладков, В. А. Вентиляторные градирни / В. А. Гладков, Ю. И. Арефьев, В. С. Пономаренко; под ред. В.А. Гладкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1976. – 216 с.
3. Сабо, З. Повышение эффективности сбережения воды в системах охлаждения электростанций / З. Сабо // Энергетик. Специальный выпуск. – 2002. – С. 3–11.

УДК 66.02

## СКОРОСТЬ СТЕКАНИЯ ЖИДКОСТИ В СТРУЙНО-БАРБОТАЖНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

ХАФИЗОВА А.И., ДМИТРИЕВ В.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. ГИЛЬФАНОВ К.Х.

На предприятиях энергетической, химической, нефтеперерабатывающей промышленности широко используется обратное водоснабжение. Охлаждение оборотной воды чаще всего происходит в градирнях испарительного типа. При испарительном охлаждении вода в градирнях течет

в виде пленки или капель. Наиболее эффективными считаются вентиляторные градирни, в которых охлаждение воздуха осуществляется посредством принудительной подачи воздуха в ороситель [1]. Процесс охлаждения происходит за счет испарения жидкости при стекании тонкой пленкой или каплями по оросителю, взаимодействуя с потоком воздуха, движущегося в противоположном направлении.

Важным конструктивным элементом градирни является ороситель. В настоящее время существует огромное количество конструкций оросителей, однако большинство из них имеет высокое гидравлическое сопротивление и сложную конструкцию для изготовления. Конструкция оросителя должна обеспечивать получение достаточной площади поверхности охлаждения для эффективного теплообмена.

Об эффективности теплообмена можно судить по скорости стекания жидкости в контактном устройстве.

Авторами данной работы были проведены исследования по стеканию жидкости в струйно-барботажном контактном устройстве и сделаны выводы. Большое влияние на скорость жидкости оказывают отверстия в нижней части элементов, так как именно через них жидкость стекает с максимальной скоростью. Увеличение скорости потока газа снижает скорость движения жидкости.

Исследования показали, что данные устройства позволяют создавать наиболее оптимальные условия для теплообменных процессов при обеспечении высокой эффективности и небольших энергетических затратах.

### **Литература**

1. Повышение эффективности охлаждения воды, модернизация и исследование градирен как объекта управления: монография / К.Х. Гильфанов [и др.]. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 220 с.

УДК 681.5

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

ШАТСКИХ В.О., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. доц. ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

В практике проектирования и настройки систем регулирования на базе ПИД-регуляторов распространено предположение о линейности объекта управления. Для теплоэнергетики такое допущение часто является

*Научное издание*

ХIII МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

Тезисы докладов

24–27 апреля 2018 г.

В трех томах

*Под общей редакцией ректора КГЭУ  
Э. Ю. Абдуллазянова*

Том 2

Редакторы Беркутова М.С., Чемоданова С.Н.  
Компьютерная верстка И.В. Краснова  
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 24.04.2018.  
Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 20,7. Уч.-изд. л. 15,7. Тираж 500. Заказ № 5105.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51