

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Круглова Леонида Вадимовича на тему «Гидрогазодинамика и тепломассообмен в миниградирнях со струйно-пленочным взаимодействием воды и воздуха при малых точках орошения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Актуальность темы исследования

Государственный комитет по науке и технике РФ выдвинул в число важнейших проблем современности повышение эффективности эксплуатации энергетических систем. При решении этой проблемы существенную роль играет совершенствование конструкций и эксплуатации тепломассообменных аппаратов, использующих в качестве рабочего тела воду. Особенно важным в технических целях в настоящее время является снижение количества потребляемой воды. Поскольку промышленностью РФ на расход воды приходится около 20% всего водозабора. Анализ статистических данных и результаты исследований в этой области показывают, что основными задачами для решения указанной проблемы являются:

- Модернизация существующих тепломассообменных аппаратов, в частности за счет создания более эффективных контактных устройств.
- Снижение расхода используемой в градирнях воды; повышение эффективности процесса охлаждения используемой воды.

В связи с вышеизложенным тема и результаты диссертационной работы представляются актуальными и представляют научный и технический интерес для дальнейших теоретических исследований и внедрения их в эксплуатацию существующих и перспективных энергосистем.

Оценка содержания диссертации

Структура диссертации построена по общепринятой схеме.

В первой главе выполнен достаточно подробный обзор существа проблемы, теоретических и практических работ в исследуемой области. В частности, показана значимость работы для решения проблемы снижения количества потребляемой воды. Представлен обзор современных конструкций аппаратов охлаждения оборотной воды. Особое внимание

уделено устройствам со струйно-пленочным течением. Сформулированы цели и основные задачи исследований.

Во второй главе проведены теоретические и экспериментальные исследования гидродинамики процесса распределения жидкости, истекающей из отверстий. Исследованы особенности изменения скорости воды в струйно-барботажных устройствах при малых скоростях воздуха. Определено влияние размеров лепестков на гидродинамику стекающей водяной пленки, а также влияние расположения лепестка и источника истечения на гидродинамику воды.

В третьей главе исследуется влияние уровня воды на структуру потока воздуха. Проведена экспериментальная оценка эффективности охлаждения оборотной воды в струйно-пленочных теплообменниках. Определена наиболее рациональная высота сливных стаканов.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса теплообмена в контактных устройствах со струйно-пленочным течением. В частности, получены критериальные зависимости для расчета средних коэффициентов теплоотдачи капель. Определены коэффициент теплоотдачи от свободной поверхности струйно-пленочного элемента к потоку газа при различных уровнях жидкости и коэффициент теплоотдачи от стекающей стенки к потоку газа при переменном уровне. Проведена оценка влияния геометрических параметров контактного устройства на технологические параметры. Получено математическое описание процесса охлаждения воды в струйно-пленочных контактных устройствах.

В пятой главе разработаны конструктивные параметры предложенного контактного устройства. Проведено экспериментальное исследование эффективности охлаждения оборотной воды в разработанном устройстве, а также сравнительный анализ энергетических затрат существующих градирен и градирни, использующей разработанное контактное устройство. Представлен технико-экономический анализ применения разработанного устройства.

Оценка научной новизны полученных результатов.

Научная новизна диссертационного исследования и полученных результатов заключается в следующем:

1. На основе проведенных экспериментов получены зависимости гидравлического сопротивления от скорости воздуха на входе в рабочую зону и отношения расходов воды и воздуха в разработанном струйно-пленочном теплообменном контактном устройстве;

2. Получены экспериментальные зависимости эффективности теплообмена в предложенной конструкции от соотношения удельных расходов фаз, скорости жидкости, начальной температуры жидкости;

3. В результате численного эксперимента в программном пакете ANSYS Fluent получены значения уноса и предельной среднерасходной скорости газа в струйно-пленочных теплообменных контактных устройствах при малых точках орошения;

4. Получено выражение для расчета объемного коэффициента массоотдачи при охлаждении воды в предлагаемых контактных устройствах.

Практическая значимость работы

1. Разработаны конструкции контактных устройств для теплообменных процессов и аппаратов (патенты РФ № 171022, № 166480).

2. Предложенная конструкция струйно-пленочного контактного устройства рекомендована к внедрению на ФКП «КЗТМ» г. Казань с целью повышения эффективности охлаждения воды на существующих производствах.

3. Разработана инженерная методика расчета струйно-пленочного контактного устройства, обеспечивающая возможность определения характерных параметров аппарата при различных нагрузках по воде и воздуху с целью оптимизации процесса охлаждения оборотной воды.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность подтверждаются грамотным использованием хорошо апробированного математического аппарата теплообмена, термодинамики и гидрогазодинамики, а также хорошим совпадением результатов достаточной выборки однотипных экспериментов и результатов, полученных расчетным путем. Необходимо отметить, что при проведении экспериментов использовались достаточно точные сертифицированные средства измерения.

Цель и основные задачи исследований

Целью работы была избрана разработка эффективных оросителей гради-рен для охлаждения оборотной воды при использовании предлагаемых струйно-пленочных контактных устройств на основе обобщения современных исследований в области гидродинамики и теплообмена.

Задачи, которые необходимо было решить для достижения поставленной цели:

1. На основе анализа не до конца решенных вопросов в конструировании существующих устройств для охлаждения оборотной воды атмосферным воздухом разработать новые конструкции устройств, обеспечивающие более высокую производительность и эффективность процесса растекания воды в разработанных струйно-пленочных контактных устройствах.

2. Добиться эффективности и пропускной способности разработанных устройств на основе экспериментальных исследований гидрогазодинамики в них.

3. Разработать математическое описание процесса охлаждения воды атмосферным воздухом в струйно-пленочных теплообменных устройствах.

4. Провести экспериментальные исследования эффективности разработанного устройства при измерении конструктивных параметров и нагрузок по воде и воздуху для проверки адекватности разработанной математической модели.

5. Разработать инженерную методику для практического применения полученных результатов.

Замечания по диссертации

1. В РФ одни из известных работ в настоящее время по теме исследования эффективности насадок в контактном теплообменном оборудовании, включая системы охлаждения оборотной воды тепловыделяющего оборудования являются школы в ИТ им.С.С.Кутателадзе СО РАН (чл.-корр. Павленко А.Н.) и КГЭУ (проф. Лаптев А.Г.). Однако ссылок в работе на рекомендации и исследования ИТ им.С.С.Кутателадзе СО РАН в работе нет. Кроме этого, в работах Павленко А.Н. и Лаптева А.Г. указывается, что желательно достигать движения жидкости пленкой, обеспечивая гладкий гидравлический профиль геометрии насадки и не допускать ломанных поверхностей и торчащих деталей, которые могли бы быть центрами образования отдельных капель и струй. Это обеспечивает высокие теплообменные характеристики насадки при минимальном значении уноса и способствует снижению гидравлического сопротивления. Уменьшение толщины пленок и перемешивание жидкости в них достигается использованием макро- и микрошероховатостью с плавной геометрией. В представленной работе наоборот, предлагается интенсифицировать разрушение стекающей пленки перфорацией пластин и отгибом их кромок, далее рассматриваются проблемы увеличения уноса капель. Различие в

подходах организации течения в представленной работе и работах Павленко А.Н. и Лаптева А.Г. требуют дополнительного объяснения.

2. Работа содержит большой комплекс экспериментального исследования картин течения с выявлением влияния геометрических параметров насадок и режимных параметров течения на эффективные скорости потоков, коэффициенты сопротивления насадок, коэффициенты теплоотдачи в них. Однако в работе не произведена оценка неопределенности экспериментальных исследований. Кроме этого для многих полученных зависимостей не приведены диапазоны их действия, например, для (2) в автореферате. В диссертации формула (3.12), например, построена через размерный параметр высоты h_1 и не нормирована, что обеспечивает размерность коэффициента гидросопротивления (!?).

3. В работе имеются математические описания, в том числе в виде инженерных методик. Почему с их помощью не произведена оптимизация геометрических параметров насадок – ширины сливных стаканов, диаметров отверстий в стаканах и на пластинах, высоты пластин и т.д.

4. По тексту диссертации часто упоминается расчет аэрогидродинамики и теплообмена насадок в программном комплексе, изредка указывается, что это ANSYS. К сожалению, текст не содержит ссылок или информации на построение расчетных моделей – выделенных расчетных доменов, покрытия их сетками, тип сеток – структурированные или нет, тип ячеек, сгущение сеток, используемых моделей турбулентности, значений пристенных функций, не говоря уже о допущениях и построении системы уравнений и т.д.

5. К сожалению, в работе рассматриваются в основном локальные параметры течений воды. Абсолютно не затронуты проблемы равномерности распределения жидкостного и воздушного потока во всей теплообменной матрице по фронту движения. А это значительно влияет на эффективность всего аппарата (см. работы Павленко А.Н.). Кроме этого, на рис 5.10 диссертации показано сравнение различных типов насадок, но нет ссылок на литературные источники, причины выбора этих насадок, учтены ли работы ведущих фирм и ученых – что снижает объективность данной информации.

6. Автор в диссертации указывает, что при рассмотрении гидравлического сопротивления в качестве режимного параметра целесообразно брать не число Re , а среднерасходную скорость. Это требует большего объяснения, чем приведено. При этом переходя к теплоотдаче, в качестве режимного параметра используется число Re . Разве течение и теплоотдача не взаимосвязанные процессы и не надо применять унифицированный подход при их описании для удобства пользователя расчетных методик?

Заключение

Не смотря на вышеизложенные замечания, следует отметить, что соискателем получены новые результаты, имеющие важное значение для технологий разработки струйно-пленочных теплообменников устройств. По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, из которых: 4 опубликованы в научных журналах из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 3 в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, 2 патента на полезную модель, 14 тезисов и материалов докладов на научных конференциях. Учитывая вышеизложенное, считаю, диссертационная работа Круглова Леонида Вадимовича на тему «Гидрогазодинамика и теплообмен в миниградирнях со струйно-пленочным взаимодействием воды и воздуха при малых точках орошения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Круглов Леонид Вадимович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
по кафедре «Теплотехника и
энергетическое машиностроение»
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н.Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10,
e-mail: popov-igor-alex@yandex.ru
тел.: 89196441609

Попов
Игорь Александрович

17.06.2021

