

«УТВЕРЖДАЮ»

ректор ФГБОУ ВО «Ивановский  
государственный химико-  
технологический университет»

Доктор технических наук  
Коридина Наталья Евгеньевна



2022 г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования "Ивановский государственный  
химико-технологический университет"

на диссертацию КОЗЛОВОЙ Марии Владимировны

### **«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ГИГРОСКОПИЧЕСКОГО ТИПА»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика»

### Актуальность работы

Альтернативным вариантом преодоления дефицита пресных водных ресурсов является опреснение морских и солоноватых вод. Данный процесс может быть реализован путем извлечения молекул воды из раствора (вымораживание, дистилляционный и гигроскопический методы) или путем удаления ионов солей (обратный осмос, электродиализ, ионный и химический методы).

Выбор метода опреснения в первую очередь зависит от качества исходной воды, требований, предъявляемых к готовому продукту. Для всех типов опреснительных установок характерно то, что с возрастанием солесодержания стоимость опреснения возрастает. Однако для методов опреснения, принцип работы которых связан с изменением агрегатного состояния, возрастание солесодержания в меньшей степени вызывает увеличение стоимости опреснения воды. Средняя соленость вод Мирового океана составляет 35%. Для данной солености использование дистилляционных и гигроскопических установок является наиболее эффективным.

Для гигроскопического и дистилляционного метода опреснения затраты энергии соизмеримы, а в силу того, что первый метод обладает рядом пре-

имуществом перед вторым, то он является перспективным. Исследованию данного метода посвящен ряд работ, но тем не менее малоизученными остаются вопросы повышения эффективности опреснителей данного типа.

Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию технических решений, обеспечивающих повышение эффективности опреснительных установок гигроскопического типа, за счет включения в цикл их работы трансформаторов тепла.

Актуальность темы диссертации подтверждается её соответствием одному из утвержденных указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011 г. приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации – «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» в рамках критической технологии «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии».

**Целью диссертационного исследования** является повышение эффективности опреснительных установок гигроскопического типа путем разработки и научного обоснования режимных и схемных мероприятий.

### **Общая характеристика работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения по работе, списка использованных источников из 128 наименований. Текст диссертации изложен на 146 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунка, 13 таблиц и 3 приложения.

**Первая глава** диссертационной работы посвящена аналитическому обзору опубликованных данных по тематике исследования. Выполнен сравнительный анализ наиболее распространённых методов опреснения, из которого следует, что гигроскопический метод опреснения обладает рядом преимуществ перед дистилляционным и обратноосмотическим методами. Проанализированы существующие конструкции опреснителей гигроскопического типа. Представлены особенности свойств рабочих веществ опреснительных установок.

**Во второй главе** представлены разработанные автором тепловые схемы опреснительных установок, в цикл работы которых включены трансформаторы тепла. Приведены оригинальные циклы работы данных технических решений, рассчитаны затраты энергии на процесс опреснения в зависимости от режимных параметров. Изложены особенности работы данных опреснителей, установлено влияние солёности морской воды на их производительность.

**Третья глава** диссертационной работы посвящена экспериментальным исследованиям процессов опреснения воды в гигроскопических установках. По результатам проведенных экспериментов определено влияние режимных параметров на производительность опреснителей гигроскопического типа.

**В четвертой главе** приведена математическая модель процесса насыщения воздушного потока, протекающего при взаимодействии диспергируемого воздуха и опресняемой воды. Процесс моделирования выполнен в САЕ-пакете конечно-элементного анализа ANSYS. В результате верификации математической модели с экспериментальными данными установлено, что относительное отклонение в определении количества влаги, испаряющейся в результате тепломассообменных процессов, составляет не более 12,4%.

**Пятая глава** посвящена технико-экономической оценке опреснительной станции, размещенной в Алжире, производительностью 5000 м<sup>3</sup>/ч. По результатам выполненных вычислений установлено, что использование гигроскопических опреснителей в условиях Алжира является экономически целесообразным.

**В заключении** изложены основные результаты диссертационной работы.

**В приложениях** приведены акты внедрения результатов исследования, патенты на полезные модели и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, протоколы лабораторных исследований пресной воды.

Основные результаты диссертационного исследования раскрыты в опубликованных работах, доложены на международных научно-технических конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает ее научную новизну, теоретические и практические результаты.

#### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны, что обеспечено совпадением в пределах погрешности результатов математического моделирования с экспериментальными данными, корректностью принятых допущений, применением апробированных программных средств.

Научные положения, выносимые на защиту, раскрыты в тексте диссертации и в опубликованных соискателем работах.

Основное содержание диссертации отражено в 18 работах, в том числе в 2 статьях в рецензируемых журналах Scopus, 1 статье в рецензируемом журнале из списка ВАК; 12 тезисах и полных текстах докладов конференций. Получено 2 патента на полезную модель и 1 свидетельство на программу ЭВМ.

## Значимость результатов работы для развития соответствующей отрасли науки, научная новизна

**Научная новизна** исследований заключается в следующем:

1. Разработан способ повышения эффективности работы опреснительных установок гигроскопического типа на основе включения в цикл их работы трансформаторов тепла.

2. На основе экспериментальных исследований и математической модели процессов теплообмена, протекающих при насыщении воздушного потока в результате его контакта с нагретой опресняемой водой, установлены количественные характеристики влияния режимных параметров на расход влаги, испаряющейся в зоне барботажа в опреснительных установках гигроскопического типа.

**Практическая значимость** результатов работы подтверждается тем, что разработаны новые технические решения, обеспечивающие повышение эффективности опреснительных установок гигроскопического типа, за счет включения в цикл их работы трансформаторов тепла, определены условия их эффективного использования. Результаты работы могут быть рекомендованы к включению в учебный процесс и использоваться при проектировании гигроскопических опреснителей с контактным испарителем.

**Теоретическая значимость** заключается в том, что проведенные исследования позволили установить влияние солености исходной воды на производительность опреснителей гигроскопического типа; определены особенности расчета параметров циклов работы гигроскопических опреснителей; изложены результаты экспериментальных исследований работы опреснительной установки гигроскопического типа с контактным испарителем.

## Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика»

– в части формулы специальности: «совершенствование промышленных теплоэнергетических систем... разработка и создание нового теплотехнического оборудования»; «поиск структур и принципов действия теплотехнического оборудования, которые обеспечивают сбережение энергетических ресурсов, уменьшение энергетических затрат на единицу продукции».

– в части области исследования – пункту 3 «Теоретические и экспериментальные исследования процессов тепло- и массопереноса в тепловых системах и установках, использующих тепло»; – пункту 4 «Разработка новых конструкций теплопередающих и теплоиспользующих установок, обладающих улучшенными эксплуатационными и технико-экономическими характеристиками».

## Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные технические решения и результаты математического моделирования, полученные в рамках диссертационного исследования, целесообразно использовать:

- 1) в проектных организациях, занимающихся проектированием опреснительных систем и систем очистки воды и их элементов;
- 2) в организациях, занимающихся исследованием процессов опреснения;
- 3) в вузах при подготовке специалистов теплоэнергетических профилей.

Развитие работы целесообразно продолжить в направлении совершенствования конструкций теплообменного оборудования в составе гигроскопических опреснительных установок.

## Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. В ходе работы опреснительной установки происходит процесс диспергирования воздушного потока, в результате которого имеет место капельный унос морской воды. В работе отсутствуют пояснения касательно возникновения данного явления. Каким образом преодолевается проблема капельного уноса?

2. При математическом моделировании процесса насыщения воздушного потока влагой, протекающего в результате его взаимодействия с опресняемой водой, автором используются аппроксимирующие зависимости свойств морской воды от температуры. Каковы при этом границы применимости разработанной математической модели?

3. Обоснуйте выбор температурных уровней работы конденсатора и испарителя трансформатора тепла в составе гигроскопической опреснительной установки.

4. При какой солености исходной воды проводились экспериментальные исследования процесса насыщения воздушного потока влагой? Какая при этом была соленость у получаемого дистиллята?

5. На рисунке 2.7 приведены зависимости затрат энергии на процесс опреснения от температур испарения и конденсации рабочего агента. При этом не ясно учитывались ли в данном случае потери тепловой энергии, затраты энергии на перемещение воздушного потока, а также потери энергии при сжатии рабочего агента в компрессоре трансформатора тепла.

## Заключение по работе

Содержание представленной диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика». Дис-

