

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Иркутский  
национальный исследовательский  
технический университет»

А.М. Кононов

«28» июня 2021 года



### Отзыв

ведущей организации – Федеральное государственной бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» на диссертационную работу Сайтова Станислава Радиковича **«Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

**На отзыв** представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 205 страницах машинописного текста и включает 45 рисунков, 18 таблиц.

### Актуальность темы выполненной работы

В последние годы, благодаря существенному прогрессу в технологии изготовления мембран различных классов, приборного оснащения, запорной арматуры и систем автоматического управления, широкое применение нашли баромембранные технологии обработки воды: микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос.

В связи с этим в последнее время на энергетических предприятиях происходит активное внедрение мембранных технологий, использование которых обладает рядом неоспоримых преимуществ перед схемами традиционного ионного обмена. Однако для начала широкомасштабного применения этих технологий требуются повышение их надежности и эффективности, снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Эксплуатационные затраты мембранных установок включают в себя затраты на реагенты для коррекционных обработок и промывок мембран,

стоимость замен мембранных элементов по истечении срока эксплуатации и, конечно, затраты исходной воды на собственные нужды (СН), которые зачастую превышают значения затрат в сравнении с традиционным ионированием.

В работе Саитова С.Р. затронуты актуальные проблемы современных баромембранных систем подготовки котловой воды, предложены научно-обоснованные и экономически эффективные решения этих проблем.

### **Общая характеристика работы**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, указаны научная новизна и практическая значимость выполняемой работы, сформулированы цель и задачи исследования.

**В первой главе** выполнен анализ опыта внедрения баромембранных технологий на ТЭС Российской Федерации. Раскрыты основные актуальные проблемы, сопровождающие эксплуатацию баромембранных систем водоподготовки на ТЭС. Выполнен обзор существующих решений аналогичных проблем за рубежом. Выделены основные факторы, влияющие на надежность эксплуатации мембранных систем – эффективность предварительной обработки исходной воды и грамотность организации водно-химического режима.

**Во второй главе** представлено описание объектов (котельные «Ашальчи» и «Ашальчи-2», Уфимская ТЭЦ-1), предметов и методов исследования. Приведено описание методики и используемого экспериментального оборудования для проведения исследований типа, состава и характера распределения отложений по объёму мембранного пакета. Представлены теоретические основы моделирования физико-химических процессов, протекающих в установках ультрафильтрации и обратного осмоса. Предложен метод математического моделирования технологических схем водоподготовительных установок ТЭС с баромембранными модулями.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментального исследования по выявлению типа, состава и характера распределения мембранного загрязнения, проведенного по методике, описанной во второй главе. Выявлены основные источники мембранного загрязнения для объектов исследования. В этой же главе определены граничные условия математической модели и константы селективности мембранных модулей.

**В четвертой главе** выполнены расчеты по термодинамическому моделированию равновесного состава коагулированной камской воды. На

основе рекомендаций, полученных по результатам термодинамического моделирования, разработан универсальный способ ведения ВХР группы баромембранных ВПУ подготовки котловой воды для котлов среднего давления с использованием унифицированного коррекционно-отмывочного набора, включающий схемы химических промывок УУФ и УОО и режимную карту ХВП и УПСВ котельных «Ашальчи» и «Ашальчи-2».

**В пятой главе** выполнено математическое моделирование технологической схемы ВПУ Уфимской ТЭЦ-1 по методу, описанному во второй главе. На основании полученной математической модели разработана компьютерная программа, позволяющая по заданным исходным параметрам рассчитать необходимый расход исходной воды, расход и удельную электропроводность пермеата и концентрата во всех узлах схемы, количество и процент стоков. Кроме того, программа даёт возможность определить и рассчитать оптимальные режимы работы баромембранных модулей при номинальных и частичных нагрузках ВПУ УТЭЦ-1, позволяющие сократить размер стоков в системе с 10-12% до 4-7%

**В заключении** сформулированы основные результаты по диссертационной работе и намечены перспективы дальнейшей разработки темы.

**В приложениях** приведены протоколы первичных экспериментальных данных, значимые реакции в водном растворе по итогам коагуляции, схема водообеспечения Ашальчинского и Северо-Ашальчинского подпитий, программа расчета физико-химических процессов в схемах водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, акты о приемке выполненных работ на ООО «Тепло-ЭнергоСервис», справка об использовании результатов в ООО «БГК» на Уфимской ТЭЦ-1.

### **Степень разработанности темы исследования**

Совершенствованием технологии получения обессоленной воды методом обратного осмоса в России занимались: Пантелеев А.А., Рябчиков Б.Е., Хоружий О.В., Громов С.Л., Первов А.Г., Очков В.Ф., Федоренко В.И., Андрианов А.П., Черкасов С.В., Кремневская Е.А., Аскерния А.А., Орлов Н.С., Углов С.А., Юрчевский Е.Б., Ларин А.Б., и др.

## **Научная новизна работы**

Диссертационное исследование Сайтова С.Р. обладает научной новизной, а именно:

1. Научно обоснована методика определения состава, структуры и характера распределения отложений на мембранах, включающая современные методы физико-химического анализа – сканирующую электронную и атомно-силовую микроскопию, энергодисперсионную рентгенофлуоресцентную и инфракрасную спектроскопию.

2. Из полученного массива экспериментальных данных на основе разработанной методики определена закономерность распределения отложений и их физико-химическая структура в объемно-пористой матрице рулонного фильтрующего элемента (РФЭ).

3. Разработаны математические модели физико-химических процессов, протекающих на стадии предочистки и в БМ аппаратах при фильтрации воды из тангенциального потока, отличающиеся структурой базиса.

4. Разработаны математическая модель функционирования технологических схем ВПУ с БМ модулями, алгоритм и метод оптимизации режимов работы БМ модулей при номинальных и частичных нагрузках.

## **Практическая значимость работы**

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные модель и метод расчета технологических схем водоподготовительных установок с баромембранными модулями могут быть использованы для определения оптимальных режимов работы баромембранных установок при их номинальных и частичных нагрузках. На основании полученного метода разработана компьютерная программа, которая может быть использована для управления процесса обработки воды в составе автоматизированной системы управления. Предложенные автором способ ведения водно-химического режима баромембранных водоподготовительных установок и унифицированный коррекционно-отмывочный состав могут применяться на ПГУ-ТЭС и в котельных.

## **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов работы обеспечивается использованием апробированных методов математического моделирования химических равновесий в многокомпонентных средах; согласованием результатов расчета по разработанной математической модели с данными суточного

контроля рабочих параметров водоподготовительной установки действующей станции.

Основные положения и результаты опубликованы и представлены на следующих конференциях: XVII-XXI аспирантско-магистерских научных семинарах, посвященных Дню энергетика (г. Казань, 2013-2017 гг.); IX-XIII Международной молодежной научной конференции «Гинчуринские чтения» (г. Казань, 2014-2018 гг.); Ярославском энергетическом форуме «Молодежные идеи и проекты, направленные на повышение энергоэффективности и энергосбережения» (г. Ярославль, 2014 г.); Национальном конгрессе по энергетике (г. Казань, 2014 г.); IX и X школе-семинаре молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении» (г. Казань, 2014 и 2016 гг.); VII Межвузовской научно-методической конференции «Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество», посв. 70-летию Ю.Г. Назмеева (г. Казань, 2016 г.); XIII МНТК «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов» (г. Саратов, 2016 г.); XXIII и XXIV МНТК студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (г. Москва, 2017 и 2018 гг.); X и XI Международном водно-химическом форуме (г. Москва, 2017 г.; г. Казань, 2018 г.); VII МНТК «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ в городском хозяйстве, энергетике, промышленности (г. Ульяновск, 2017 г.); XII МНТК студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017», (г. Иваново, 2017 г.); Международном форуме «ТИМ БИРЮСА-2017» (г. Красноярск, 2017 г.); III Молодежной научно-практической конференции «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и сетей» (г. Казань, 2018 г.); VIII Всероссийской научно-методической конференции (г. Казань, 2018 г.); IX МНТК «Электроэнергетика глазами молодежи» (г. Казань, 2018 г.).

### **Соответствие паспорту специальности 05.14.14**

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты по следующим пунктам:

п.1. - разработка научных основ методов расчета, выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы агрегатов, систем и тепловых электростанций в целом;

п.2. - исследование и математическое моделирование процессов, протекающих в агрегатах, системах и общем цикле тепловых электростанций;

п.3. - разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий, водных и химических режимов, способов снижения влияния работы тепловых электростанций на окружающую среду;

п.5. - повышение надежности и рабочего ресурса агрегатов, систем и тепловых электростанций в целом;

п.6. - разработка вопросов эксплуатации систем и оборудования тепловых электростанций.

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты, по которой она представляется к защите, подтверждается апробацией работы, её научной новизной и практической значимостью.

### **Реализация и рекомендации по использованию результатов**

Универсальный способ ведения водно-химического режима баромембранных установок и унифицированная коррекционно-отмывочная композиция используются в филиалах ООО «Тепло-энергосервис» котельные «Ашальчи» и «Ашальчи-2».

Компьютерная программа расчета физико-химических процессов в схемах водоподготовки ТЭС с баромембранными модулями рекомендована для внедрения в составе АСУ Уфимской ТЭЦ-1.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе не указано, проводятся ли на станции исследования осветленной воды (после установки ультрафильтрации) на остаточный алюминий. Если проводится, то какие результаты? Если были обнаружены "проскоки" алюминия, то почему установка обратного осмоса продолжала эксплуатироваться?

2. В режимной карте (табл. 4.3) не указано, при какой температуре будут осуществляться химические промывки.

3. В п. 5.1 представлен алгоритм распределения исходной воды между обратноосмотическими блоками системы, согласно которому при провале нагрузке установки один или несколько блоков автоматически выводятся в резерв. В настоящее время обратноосмотические блоки уже автоматически выводятся в резерв по достижению заданного уровня фильтрата в баке. Какова потребность в создании такого алгоритма?

4. Из представленных в диссертационной работе выводов не понятно, как повышение эффективности баромембранных технологий повлияет на работу ТЭС в целом?

## Заключение по диссертационной работе

Несмотря на изложенные выше замечания, диссертационную работу Сайтова Станислава Радиковича «Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях» следует признать завершённой научно-квалификационной работой. Поставленные задачи в диссертационной работе раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы экспериментальной частью.

Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение в развитии научной и практической деятельности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

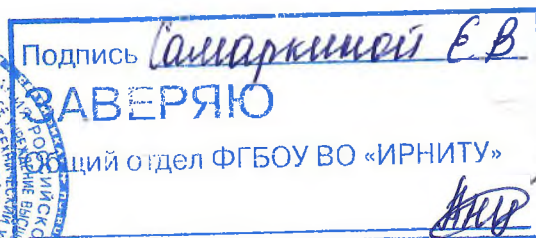
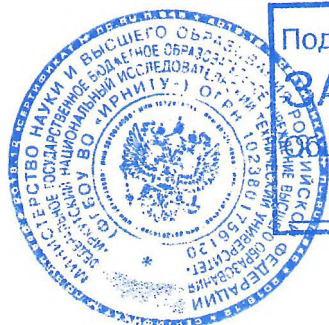
Представленная к защите диссертация отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, в которой содержится решение задачи по повышению эффективности баромембранных водоподготовительных систем тепловых электрических станций и имеющая значение для перспективного развития соответствующей технологии, а её автор, Сайтов Станислав Радикович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» протокол № «9» от «21» июня 2021 г.

В голосовании приняло участие 13 человек, из них проголосовало «За» 13 , «Против» 0 , «Воздержалось» 0

Заведующий кафедрой  
«Теплоэнергетика»  
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»  
к.т.н., доцент

  
Самаркина Е.В.  
28.06.2021



ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, дом. 83

Сайт: <https://www.istu.edu>

e-mail: [ekatsamar@istu.edu](mailto:ekatsamar@istu.edu), рабочий телефон: +7 (3952) 40-51-26

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию Кононов Александр Матвеевич – проректор по научной работе ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», кандидат геолого-минералогических наук, доцент, рабочий телефон: +7 (3952) 40-55-70, e-mail: [amkononov@istu.edu](mailto:amkononov@istu.edu)