



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Казанский

государственный энергетический
университет»

Э.Ю. Абдуллазянов

«26» апреля 2021 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Диссертация «Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях» выполнена в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» на кафедре «Тепловые электрические станции».

В период подготовки диссертации соискатель Сайтов Станислав Радикович работал инженером (02.2014 - 09.2019 г.г.), ассистентом (01.2018-09.2019), старшим преподавателем (с 09.2019 - по н.в.) на кафедре «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

В 2015 г. окончил очную магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника»

С 2015 г. по 2019 г. обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и

агрегаты».

Диплом об окончании аспирантуры выдан ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в 2019 году.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдано ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в 2019 году.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Чичириков Андрей Александрович, зав. кафедрой «Химия и водородная энергетика» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

По итогам обсуждения диссертации Саитова Станислава Радиковича «Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях» принято следующее заключение: **Актуальность** диссертационной работы обусловлена тем, что она позволяет решить острые эксплуатационные проблемы современных водоподготовительных установок ТЭС и котельных с баромембранными аппаратами обессоливания воды.

Научная новизна заключается в следующем:

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.

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

4. Разработаны математическая модель функционирования технологических схем водоподготовительных установок с баромембранными модулями, алгоритм и метод оптимизации режимов работы баромембранных модулей при номинальных и частичных нагрузках.

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 АСУ. Программа может быть адаптирована под конкретную ТЭС, независимо от сложности конфигурации её системы водоподготовки.

Предложенные способ ведения водно-химического режима баромембранных водоподготовительных установок и унифицированный коррекционно-отмывочный состав могут применяться на ПГУ-ТЭС и в котельных и приняты к внедрению.

Личный вклад автора. Основные результаты получены автором лично под руководством доктора химических наук, профессора Чичирова А.А.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

В работе Сайтова С.Р. отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора или источник заимствования.

Основное содержание диссертации изложено в 32 печатных работах, из которых: 3 опубликованы в научных журналах из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 3 в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, 1 патент на изобретение, 1 патент на полезную модель, 2 свидетельства о регистрации программы ЭВМ, 22 тезиса и материала докладов на научных конференциях:

В изданиях из перечня ВАК Министерства

науки и высшего образования Российской Федерации:

1. Чичирова, Н.Д. Анализ опыта внедрения баромембранных технологий на ТЭС РФ / Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров, С.Р. Сайтов, А.Г. Филимонов, А.А. Гирфанов // **Труды Академэнерго**. – 2013. - №4 – С. 70-82. (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК №1383 по состоянию на 02.12.2013 г., общий объем - 12 с., личный вклад - 4 с.).

2. Сайтов, С.Р. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 / С.Р. Сайтов, Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров // **Вестник Казанского государственного энергетического университета**. – 2017. – №2(34). – С. 58-67 (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК №1495 по состоянию на 05.04.2017 г., общий объем - 10 с., личный вклад - 3,3 с.).

3. Чичирова, Н.Д. Моделирование и оптимизация схемы водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров, С.Р. Сайтов // **Труды Академэнерго**. – 2016. - №2 – С. 60-72. (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК №929 по состоянию на 03.06.2016 г., общий объем - 12 с., личный вклад - 4 с.).

**В изданиях, включенных в международную базу цитирования
SCOPUS и Web of Science:**

4. Chichirova N.D. Enhancing the Ecological and Operational Characteristics of Water Treatment Units at TPPs Based on Baromembrane Technologies / N. D. Chichirova, A. A. Chichirov, A. A. Filimonova, S. R. Saitov // **Thermal Engineering**. – 2017. - №12(64) – P. 920-930 (Перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования №273 по состоянию на 25.09.2017 г., общий объем – 10 с., личный вклад - 3,3 с.).

5. Chichirova N.D. Problems of reliability and economy work of thermal power plants water treatment based on baromembrane technologies / N.D. Chichirova, A.A. Chichirov, S.R. Saitov // **Journal of Physics: Conf. Series**. – 2017. - №891 – P. 012276 (общий объем – 5 с., личный вклад - 1,6 с.).

6. Chichirova N.D. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements / N.D. Chichirova, A.A. Chichirov, S.R. Saitov // **Earth and Environmental Science**. – 2019. - №288 – P. 012007 (общий объем – 5 с., личный вклад - 1,6 с.).

Патенты и свидетельства:

7. Водоподготовительная установка тепловой электроцентрали / А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.А. Гирфанов, А.Г. Филимонов, С.Р. Саитов // пат. №2551499 Рос. Федерация. №2014103424; заявл. 31.01.2014; опубл. 27.05.2015. Бюл.№15. 9 с.

8. Водоподготовительная установка тепловой электроцентрали / А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.А. Гирфанов, А.Г. Филимонов, С.Р. Саитов // пат. №144905 Рос. Федерация. №2013158691; заявл. 27.12.2013; опубл. 27.09.2014. Бюл.№27. 2 с.

9. Программа расчета физико-химических процессов в схемах водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов, Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров // Программа для ЭВМ номер регистрации №2016615906 Рос. Федерация. Заявка: №2016611869 от 09.03.2016. Дата публикации 20.07.2016.

10. Программа расчета состава исходной воды, пермеата и концентрата установки обратного осмоса / С.Р. Саитов, Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров // Программа для ЭВМ номер регистрации №2018611499 Рос. Федерация. Заявка: №2017662788 от 08.12.2017. Дата публикации 02.02.2018.

Публикации в других изданиях:

11. Саитов, С.Р. Совершенствование водоподготовительной установки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов // XIII Международная

научно-техническая конференция «Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса»: сб. мат. докл. Саратов, 2016. Вып. 8. С. 340-343 (общий объем – 4 с., личный вклад – 4 с.).

12. Саитов, С.Р. Современная крупнотоннажная баромембранная технология на Казанской ТЭЦ-2 / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.А. Гирфанов // Национальный конгресс по энергетике: сб. мат. докл. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2014. В 5 т. Т. 2. С. 244-250 (общий объем – 6 с., личный вклад – 1,25 с.).

13. Саитов, С.Р. Ресурсосберегающая малоотходная баромембранная водоподготовительная установка на Казанской ТЭЦ-2 / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.А. Гирфанов // Национальный конгресс по энергетике: сб. мат. докл. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2014. В 5 т. Т. 2. С. 121-126 (общий объем – 6 с., личный вклад – 1,25 с.).

14. Саитов, С.Р. Моделирование и оптимизация схем водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова // X школа-семинар молодых ученых и специалистов им. академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении»: сб. мат. докл. Казань: КазНЦ РАН, 2016. С. 355-357 (общий объем – 3 с., личный вклад – 1 с.).

15. Саитов, С.Р. Замкнутые бессточные малоотходные системы водопользования с применением мембранных технологий и модульных аппаратов ТЭС / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова, А.И. Ляпин // IX школа-семинар молодых ученых и специалистов им. академика РАН В.Е. Алемасова «Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении»: сб. мат. докл. Казань: КазНЦ РАН, 2014. С. 379-381 (общий объем – 3 с., личный вклад – 1 с.).

16. Саитов, С.Р. Анализ опыта внедрения баромембранных технологий на ТЭС РФ / С.Р. Саитов // IX Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»: сб. мат. докл. Казань, 2014. В 3 т. Т.2. С. 73 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

17. Саитов, С.Р. Моделирование работы водоподготовительных установок ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов // XI Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»: сб. мат. докл. Казань, 2016. В 3 т. Т.2. С. 89 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

18. Саитов, С.Р. Разработка программы моделирующей работу водоподготовительной установки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XII Международная молодежная научная

конференция «Тинчуринские чтения»: сб. мат. докл. Казань, 2017. В 3 т. Т.2. С. 41-42 (общий объем – 2 с., личный вклад – 1 с.).

19. Саитов, С.Р. Применение метода ИК-спектроскопии при выявлении характера отложений на обратноосмотических мембранах / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XIII Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»: сб. мат. докл. Казань, 2018. В 3 т. Т.2. С. 17-18 (общий объем – 2 с., личный вклад – 1 с.).

20. Саитов, С.Р. Моделирование и оптимизация схемы водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов // IX Международная молодежная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодежи – 2018»: сб. мат. докл. Казань, 2018. В 3 т. Т.3. С. 295-298. (общий объем – 4 с., личный вклад – 4 с.).

21. Саитов, С.Р. Повышение экономичности водоподготовительных установок на основе баромембранных технологий на ТЭС / С.Р. Саитов // XIII международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: сб. мат. докл. Москва, 2017. В 3 т. Т.3. С. 151 (общий объем – 1 с., личный вклад – 0,5 с.).

22. Саитов, С.Р. Применение метода ИК-спектроскопии при выявлении характера отложений на обратноосмотических мембранах / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XXIV международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: сб. мат. докл. Москва, 2018. С. 710 (общий объем – 1 с., личный вклад – 0,5 с.).

23. Саитов, С.Р. Компьютерный тренажёр, моделирующий физико-химические процессы водоподготовительных установок ТЭС для обучения студентов-теплоэнергетиков / С.Р. Саитов, Н.Д. Чичирова // VII межвузовская научно-методическая конференция, посвященная 70-летию Ю.Г. Назмеева «Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество»: сб. мат. докл. Казань, 2016. Т.2. С. 263-269 (общий объем – 7 с., личный вклад – 3,5 с.).

24. Саитов, С.Р. Выбор оптимальной системы водоподготовки / С.Р. Саитов // XVII аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2013. В 2 т. Т.2. С. 12 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

25. Саитов, С.Р. Замкнутые бессточные малоотходные системы водопользования с применением мембранных технологий и модульных аппаратов на ТЭС / С.Р. Саитов // XVIII аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2014. В 2 т. Т.2. С. 37 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

26. Саитов, С.Р. Совершенствование водоподготовительных установок ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов // XIX аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2015. В 2 т. Т.2. С. 23 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

27. Саитов, С.Р. Пути и методы модернизации схем водоподготовки на основе баромембранных технологий на ТЭС / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XX аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2016. В 2 т. Т.2. С. 39-40 (общий объем – 1 с., личный вклад – 0,5 с.).

28. Саитов, С.Р. Программа расчета состава исходной воды, концентрата и пермеата установки обратного осмоса / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XXI аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2017. В 3 т. Т.2. С. 26-27 (общий объем – 1 с., личный вклад – 0,5 с.).

29. Саитов, С.Р. Применение метода ИК-спектromетрии при выявлении характера отложений на обратноосмотических мембранах / С.Р. Саитов, Н.А. Кириллова // XXI аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный «Дню энергетика»: сб. мат. докл. Казань, 2017. В 3 т. Т.2. С. 27-28 (общий объем – 1 с., личный вклад – 0,5 с.).

30. Саитов, С.Р. Ресурсосбережение в схемах водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов // VII Международная научно-техническая конференция «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ в городском хозяйстве, энергетике, промышленности»: сб. мат. докл. Ульяновск, 2017. С. 164-168.

31. Саитов, С.Р. Повышение эффективности установок обратного осмоса на ТЭС / С.Р. Саитов // XII Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017»: сб. мат. докл. Иваново, 2017. В 6 т. Т.1. С. 134 (общий объем – 1 с., личный вклад – 1 с.).

32. Саитов, С.Р. Повышение эффективности работы водоподготовительных установок ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова // X Международный водно-химический форум: сб. мат. докл. Москва, 2017. – С. 20-21.

Основные результаты диссертационной работы обсуждались на 16 конференциях: XVII-XXI аспирантско-магистерских научных семинарах, посвященных Дню энергетика (г. Казань, 2013-2017 гг); IX-XIII Международных молодежных научных конференциях «Тинчуринские 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 школах-семинарах 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 Международной научно-технической конференции «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов» (г. Саратов, 2016 г.); XXIII и XXIV Международных научно-технических конференциях студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (г. Москва, 2017 и 2018 гг.); X и XI Международных водно-химических форумах (г. Москва, 2017 г.; г. Казань, 2018 г.); VII Международной научно-технической конференции «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ в городском хозяйстве, энергетике, промышленности (г. Ульяновск, 2017 г.); XII Международной научно-технической конференции 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 Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» (г. Казань, 2018 г.).

Научная специальность, которой соответствует диссертация.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положением, диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» по формуле специальности: «исследования по проблемам водоподготовки»; в части :

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.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Саитова С.Р. является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований и испытаний, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Саитову С.Р.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора Саитова Станислава Радиковича, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также её соответствия требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к подобным работам, диссертация на тему: «Повышение эффективности технологии баромембранного обессоливания воды на тепловых электрических станциях», содержит решение задачи, имеющей значение для повышения эффективности баромембранных водоподготовительных установок на тепловых электрических станциях, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14. – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Диссертация Саитова Станислава Радиковича рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», состоявшемся «07» декабря 2020 года, протокол № 8-20/21.

В обсуждении приняли участие: проф. Чичирова Н.Д., проф. Чичиров А.А., доц. Абасев Ю.В., проф. Грибков А.М., доц. Вилданов Р.Р., доц. Власов С.М., доц. Власова А.Ю., проф. Зиганшин М.Г., доц. Евгенийев И.В., доц. Гиниятуллин Б.А., доц. Закирова И.А., доц. Низамова А.Ш., доц., Ляпин А.И., доц. Безруков Р.Е., доц. Смирнов А.Ю., доц. Волков М.А.

Принимало участие в голосовании 16 человек. Результаты голосования: «За» – 16 человек, «Против» – 0 человек, «Воздержался» – 0 человек, протокол № 8-20/21 от 07.12.20.

Председатель заседания:

Чичирова Н.Д.

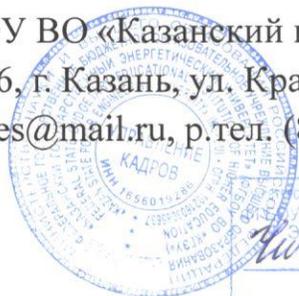
доктор хим. наук, профессор,
зав. кафедрой «Тепловые электрические станции»

Секретарь заседания:

Власов С.М.

кандидат техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»:
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, А-415, сайт <http://kgeu.ru/>, e-mail:
kgeu.tes@mail.ru, р.тел. (843)519-42-52



Чичирова Н. Д., Власова С. М.
подпись удостоверяю
Специалист УК

26.04.21

Сведения о лице, утвердившем заключение

Абдуллазянов Эдвард Юнусович

Ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», кандидат технических наук (05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы), доцент

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»:
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51, сайт <http://kgeu.ru/>, e-mail:
rector_kgeu@mail.ru, тел. (843)519-42-02