



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования

**«Московский политехнический
университет (Московский Политех)»**

Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023

Тел. (495) 223 05 23, Факс (499) 785 62 24

www.mospolytech.ru,

e-mail: mospolytech@mospolytech.ru

УТВЕРЖДАЮ



Проректор

по международной деятельности

И.В. Соппа

2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) по диссертации Сальникова Николая Александровича на тему «Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 (2.6.13) – «Процессы и аппараты химических технологий».

Диссертация на тему «Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения» выполнена на кафедре «Процессы и аппараты химической технологии» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

В 2014 году Н.А. Сальников окончил Московский государственный машиностроительный университет (Университет Машиностроения) с присвоением квалификации – инженер-эколог. В 2014 году он поступил в аспирантуру Университета Машиностроения, в настоящее время преобразованного в Московский Политех.

В период подготовки диссертации аспирант Сальников Н.А. успешно освоил программу обучения в аспирантуре, участвовал в проведении семинарских занятий со студентами, самостоятельно подготовил научные публикации, участвовал в различных конференциях.

В 2018 году окончил аспирантуру Московского Политеха по направлению 18.06.01 – «Химическая технология», в ходе обучения сдал кандидатские экзамены, в том числе – по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2018 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский политехнический

университет».

Научный руководитель – Николайкина Наталья Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент. Основное место работы: профессор кафедры «ХимБиотех» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

По итогам обсуждения диссертации принято следующее

Заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Сальникова Н.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение новой научно-технической задачи регенерации санитарно-гигиенической воды методом обратного осмоса с высоким коэффициентом извлечения воды. Проведенные исследования по организации замкнутого цикла водообеспечения позволяют решить ряд остро стоящих проблем ресурсосбережения в химической и в использующих процессы и аппараты химической технологии смежных специальных отраслях промышленности, где требуется максимально возможный возврат ценных компонентов, например при организации замкнутых эколого-технических систем, обеспечивающих искусственную среду обитания: на космических кораблях и станциях, подводных лодках, бомбоубежищах и т.д.

Результаты анализа и оценки научного исследования позволяют сделать вывод о том, что диссертация на тему «Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения» является завершенной научно-квалификационной работой, вносит значимый вклад в развитие химической и смежных специальных отраслей промышленности, в частности в создание современных регенерационных систем жизнеобеспечения космических пилотируемых аппаратов – подотрасли процессов и аппаратов химических технологий и отвечает всем требованиям пунктов 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями от 30 июля 2014 г., 21 апреля, 2 августа 2016 г., 29 мая 2017 г., 28 августа 2017 г.), предъявленным к кандидатским диссертациям.

Актуальность темы и направленность исследования

Актуальность избранной темы диссертационного исследования заключается в необходимости решения проблемы ресурсосбережения в химической и смежных отраслях промышленности, которое осуществляется путем создания систем оборотного водоснабжения. Особенно принципиальна максимально возможная степень замкнутости в использующих процессы и аппараты химической технологии смежных специальных отраслях промышленности, где требуется максимально возможный возврат ценных

компонентов, где оборудование функционирует в нетипичных режимах.

В работе исследован процесс очистки для повторного использования сточных вод, содержащих низкомолекулярные органические и минеральные вещества, методом обратного осмоса. Разработана физическая модель процесса массопереноса и методика расчета производительности и ресурса обратноосмотического аппарата. Подтверждено достижение коэффициента возврата воды 97-98%. Предложены схема и процесс обратноосмотической регенерации санитарно-гигиенической воды. Предложенные технические решения обоснованы теоретическим анализом и результатами испытаний.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Автор принимал непосредственное личное участие в получении изложенных в диссертации материалов работы, что подтверждается работами автора, список которых прилагается, а также разработанной им методикой расчета производительности обратноосмотического аппарата и программой для ЭВМ.

С 2014 по 2019 годы автор выступал с докладами на международных и российских конференциях.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность научных результатов обеспечивалась использованием современных научно-исследовательских методов и поверенных приборов. Обоснованность результатов исследований базировалась на соответствии данных, полученных в результате эксперимента, общепринятым теоретическим положениям. Обработка экспериментальных данных проводилась при помощи ЭВМ в среде MathCAD и с помощью программ, написанных на языке программирования Python. Оценка достоверности результатов исследований проводилась с определением допустимого интервала погрешностей.

Научная новизна проведенных исследований

Научная новизна исследований заключается в следующем: экспериментально обоснованы способ и устройство обратноосмотической очистки санитарно-гигиенической воды, защищенные патентами РФ, обеспечивающие степень извлечения (возврата) воды 97-98% при селективности разделения более 99%; разработана и подтверждена расчетами и экспериментами физическая модель процесса массопереноса в напорном канале обратноосмотического аппарата в автономной области влияния числа Рейнольдса (Re менее 130); подтверждена возможность применения аналогии между массообменом и теплообменом к расчету внешнего массопереноса в каналах мембранной аппаратуры при использовании поправки в виде функции от числа Льюиса.

Практическая значимость полученных результатов диссертационной работы Сальникова Н.А. заключается в том, что показана эффективность применения низконапорного обратного осмоса для регенерации санитарно-гигиенической воды в

условиях работы на космической станции при использовании общепринятых моющих средств; разработана методика расчета производительности обратноосмотического аппарата при высоких степенях извлечения воды и стремящейся к 100% селективности, принятая АО «НИИХиммаш» к использованию при проектировании обратноосмотической аппаратуры системы регенерации санитарно-гигиенической воды для космической станции и основанная на использовании аналогии между массообменом и теплообменом, а также, учитывающая взаимодействие разделяемого раствора с материалом мембраны; разработан и испытан прототип системы регенерации санитарно-гигиенической воды, образующейся при мытье рук, принятии душа и стирке одежды, который показал свою эффективность при высокой степени извлечения воды и малом энергопотреблении и является основой для проектирования перспективных систем регенерации санитарно-гигиенической воды.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Публикации Сальникова Н.А. представляют научную и практическую ценность, правильно и с необходимой полнотой отражают содержание диссертации.

На основные результаты исследований получены патенты РФ:

1. Пат. 2625247 Российская Федерация, МПК С02F 1/44. Способ обратноосмотической очистки санитарно-гигиенической воды в замкнутом контуре в условиях невесомости / Бобе Л.С., Кочетков А.А., Рыхлов Н.В., Сальников Н.А., Коробков А.Е., Цыганков А.С., Халилуллина Х.Ш., Рукавицин С.Н.; заявитель и патентообладатель АО «НИИХиммаш». - № 2015137625; заявл. 04.09.2015; опубл. 12.07.2017.

2. Пат. 174887 Российская Федерация, МПК С02F 9/02, 1/44, 1/32, 1/38, 1/50. Устройство обратноосмотической очистки санитарно-гигиенической воды в замкнутом контуре в условиях невесомости / Бобе Л.С., Кочетков А.А., Рыхлов Н.В., Сальников Н.А., Коробков А.Е., Цыганков А.С., Халилуллина Х.Ш., Рукавицин С.Н.; заявитель и патентообладатель АО «НИИХиммаш». - № 2016134638; заявл. 25.08.2016; опубл. 09.11.2017.

Основные научные результаты опубликованы

в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Сальников Н.А. Исследование насоса-сепаратора газожидкостной смеси для санитарно-гигиенического отсека космической станции / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе, Н.Е. Николайкина, Н.В. Рыхлов // Известия МГТУ «МАМИ». Серия «Химическое машиностроение и инженерная экология». – 2014. – т. 3. № 2 (20). – С. 9-15.

в научных изданиях, входящих в Международную реферативную базу Scopus:

2. Сальников Н.А. Применение низконапорного обратного осмоса для организации оборотного водоснабжения / Н.А. Сальников, Н.Е. Николайкина, Л.С. Бобе // Экология и промышленность России. – 2021. – т. 25. № 4. – С. 14-20.

3. Сальников Н.А. Оценка характеристик отечественных обратноосмотических модулей для организации оборотного водоснабжения малотоннажных производств / **Н.А. Сальников**, Н.Е. Николайкина // Экология и промышленность России. – 2018. – т. 22. № 3. – С. 22-27.

прочих научных изданиях:

4. Бобе Л.С. Анализ и расчет процесса низконапорного обратного осмоса при регенерации санитарно-гигиенической воды / Л.С. Бобе, **Н.А. Сальников** // Космическая техника и технологии. 2019. № 2 (25) С. 28 – 36.

5. Сальников Н.А. Применение мембранной аппаратуры для регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции / **Н.А. Сальников**, Л.С. Бобе, А.А. Кочетков, А.Г. Железняков, П.О. Андрейчук, Н.А. Шамшина // Космическая техника и технологии. – 2018. – № 4 (23). – С. 29-39.

6. Сальников Н.А. Регенерация санитарно-гигиенической воды на перспективных космических станциях / **Н.А. Сальников**, Л.С. Бобе, А.А. Кочетков, Ю.Е. Сияк // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. – Т. 51. № 5. – С. 47–54. DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-5-47-54

7. Сальников Н.А. Исследование очистки санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения летательных аппаратов / **Н.А. Сальников**, Н.Е. Николайкина // Научный вестник МГТУ ГА. – 2016. – № 225. – С. 157-164.

8. Бобе Л.С. Оценка влияния гидродинамики на массообмен в обратноосмотическом аппарате системы регенерации санитарно-гигиенической воды космической станции / Л.С. Бобе, **Н.А. Сальников**, Г.А. Федосеев / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» - М.: МАИ (НИУ), 2019. – С. 148-149.

9. Аракчеев Д.В. Технологии регенерации санитарно-гигиенической воды / Д.В. Аракчеев, Л.С. Бобе, **Н.А. Сальников**, А.А. Кочетков / Авиакосмическая и экологическая медицина: Научный форум, посвященный 100-летию со дня рождения академика О.Г. Газенко. XVII Конференция по космической биологии и авиакосмической медицине с международным участием – М.: РАН, 2018. – Т. 52. № 7 (спецвыпуск) – С. 10-11.

10. **Сальников Н.А.** Расчет диффузионно-конвективного массопереноса в обратноосмотическом модуле системы регенерации воды для космической станции / **Н.А. Сальников**, Л.С. Бобе / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 17-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» - М.: МАИ (НИУ), 2018. – С. 344-345.

11. **Сальников Н.А.** Разработка, испытания и расчет аппаратуры для регенерации

санитарно-гигиенической воды на космической станции / Н.А. Сальников / Тезисы докладов XXI Научно-технической конференции молодых ученых и специалистов – Королев: ПАО «РКК «Энергия им. С.П. Королева», 2017. – Т.1. – С. 212-213.

12. Бобе Л.С. Проектный анализ энерго- и массозатрат при реализации водных процедур и стирки одежды на борту космической станции / Л.С. Бобе, А.А. Кочетков, **Н.А. Сальников**, П.О. Андрейчук, А.Г. Железняков, Н.А. Шамшина / Пилотируемые полеты в космос: Материалы XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» - Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», 2017. – С. 34-35.

13. Бобе Л.С. Анализ влияния диффузионного сопротивления на производительность обратноосмотического аппарата при регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции / Л.С. Бобе, **Н.А. Сальников** / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» - М.: МАИ (НИУ), 2017. – С. 295-296.

14. Бобе Л.С. Анализ энерго- и массозатрат разрабатываемых систем санитарно-гигиенического обеспечения для космической станции / Л.С. Бобе, **Н.А. Сальников** / Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов XXI международной научной конференции – Евпатория: МАИ (НИУ), 2016. – С. 58-60.

15. **Сальников Н.А.** Особенности регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе, А.А. Кочетков, Ю.Е. Сняк / Авиакосмическая и экологическая медицина: XVI Конференция по космической биологии и медицине с международным участием – М.: РАН, 2016. – С. 204-205.

16. **Сальников Н.А.** Расчетно-экспериментальный анализ массообмена в пограничном слое мембраны при обратноосмотической очистке санитарно-гигиенической воды на космической станции / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 15-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» - М.: МАИ (НИУ), 2016. – С. 134-136.

17. Бобе Л.С. Перспективы регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции / Л.С. Бобе, А.Е. Коробков, А.А. Кочетков, Н.В. Рыхлов, **Н.А. Сальников** / Пилотируемые полеты в космос: Материалы XI Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» - Звездный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина», 2015. – С. 52-54.

18. **Сальников Н.А.** Исследование процесса обратного осмоса для регенерации санитарно-гигиенической воды на космической станции / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 14-я Международная

конференция «Авиация и космонавтика - 2015» - М.: МАИ (НИУ), 2015. – С. 82-84.

19. Сальников Н.А. Регенерация санитарно-гигиенической воды на космической станции / Н.А. Сальников, С.Н. Рукавицин / Тезисы докладов XX Научно-технической конференции молодых ученых и специалистов – Королев: ПАО «РКК «Энергия им. С.П. Королева», 2014. – С. 511-513.

20. Сальников Н.А. Обоснование разработки системы регенерации санитарно-гигиенической воды для космической станции / Н.А. Сальников, Л.С. Бобе / Ракетные и космические системы (сборник тезисов докладов): 13-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» - М.: МАИ, 2014. – С. 179-181.

Соответствие диссертации требованиям, установленным п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертация и автореферат Сальникова Н.А. прошли проверку на наличие неправомерных заимствований в системе «Антиплагиат», в результате которой выявлено, что в диссертации содержится 83% оригинального текста, в автореферате – 76% оригинального текста. Диссертация Сальникова Н.А. соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней: при использовании заимствованных материалов в диссертации сделаны ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе на научные работы, выполненные Сальниковым Н.А. лично или в соавторстве.

Соответствие содержания диссертации научной специальности

В диссертационной работе для расчета массопереноса в напорном канале обратноосмотического аппарата предложено использовать аналогию между массообменом и теплообменом, а также, опытные зависимости, учитывающие взаимодействие разделяемого раствора с мембраной. В работе использованы теоретические положения гидродинамики, массообмена, теплообмена, методы физического моделирования и математической обработки экспериментальных данных для создания эффективной технологической схемы и процесса регенерации воды.

Оценивая работу в целом, считаем, что диссертационная работа Сальникова Николая Александровича является законченным научным исследованием, в котором решена важная научно-техническая задача, имеющая теоретическое значение и практическую значимость. Выводы и рекомендации автора достаточно обоснованы.

Диссертационная работа Сальникова Н.А. на тему «Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую критериям п.п. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и

дополнениями), а также Паспорту Номенклатуры специальностей научных работников: 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий».

По актуальности проблемы, решенной на современном теоретическом уровне, научной новизне и практической значимости диссертация Сальникова Николая Александровича «Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе водообеспечения» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 (2.6.13) «Процессы и аппараты химических технологий».

Заключение принято на заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

Присутствовало на заседании – 17 чел., из них 6 докторов наук (зав. кафедрой, «Процессы и аппараты химической технологии», д.т.н., проф., чл.-корр. РАН В.Г. Систер, д.т.н., проф. М.Б. Генералов, д.т.н., проф. М.А. Булатов, д.т.н., проф. М.Г. Лагуткин, д.т.н., проф. Г.В. Божко, д.т.н., проф. Д.А. Макаренков), 9 кандидатов наук (к.х.н., проф. М.Г. Беренгартен, к.т.н., проф. Н.Е. Николайкина, к.т.н., проф. В.А. Любартович, к.т.н., доц. Ю.В. Егоров, к.т.н., проф. И.В. Скопинцев, к.т.н., доц. И.И. Сидельников, к.т.н., доц. Ю.Г. Пикулин, к.т.н., доц. С.В. Белуков, к.т.н., доц. О.В. Пирогова).

Право голоса – 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел.; «воздержалось» – 0 чел., протокол № 4 от «26» апреля 2021 г.

Председатель:

В.Г. Систер

Систер Владимир Григорьевич
Член – корреспондент РАН,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Процессы и аппараты
химической технологии»
Московского Политеха
+7 (495) 223-05-23
mail.mospolytech.ru

подпись

заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО
КАДРОВОМУ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
ШИПЕЕВА Е. Д.



28.06.2021