



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Вологодский государственный университет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Исполняющий обязанности ректора

ФГБОУ ВО «Вологодский

государственный университет»

Д.В. Дворников

25 сентября 2025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования

«Вологодский государственный университет»

Диссертация «Энергосберегающий способ локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменного аппарата» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. – Теоретическая и прикладная теплотехника выполнена Куницким Вячеславом Андреевичем на кафедре теплогазоснабжения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вологодский государственный университет».

Соискатель Куницкий Вячеслав Андреевич в 2018 г. окончил Вологодский государственный университет по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» (диплом бакалавра серия 103531 номер 0058151 от 29.06.2018).

В 2018 году Куницкий В.А. поступил в магистратуру Вологодского государственного университета по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Промышленная теплоэнергетика», которую окончил в 2020 году (диплом магистра с отличием серия 103508 номер 0003815 от 14.07.2020).

С 2020 г. по 2024 г. Куницкий В.А. проходил обучение в очной аспирантуре Вологодского государственного университета по направлению подготовки 13.06.01

Электро- и теплотехника, направленность «Промышленная теплоэнергетика» (диплом об окончании аспирантуры серия 103531 номер 0722054 от 30.09.2024) с квалификацией «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С 2020 года по настоящее время Куницкий В.А. работает в Вологодском государственном университете (в период с 2020 г. по 2024 г. на кафедре теплогазоснабжения, а с 2024 г. на кафедре электрооборудования), занимая преподавательские должности (ассистент, преподаватель, старший преподаватель).

Справка о сданных кандидатских экзаменах выдана 19.03.2025 в ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет».

Научный руководитель – доктор технических наук (05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика), профессор, заведующий кафедрой теплоэнергетики и теплотехники ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Лукин Сергей Владимирович.

По итогам обсуждения диссертации Куницкого Вячеслава Андреевича «Энергосберегающий способ локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменного аппарата» принято следующее **заключение**:

1. Актуальность

Локальная утилизация теплоты сточных вод – это способ рекуперации тепловой энергии сточных вод, при котором полезное использование теплоты происходит в непосредственной близости к месту образования стоков. При данном способе рекуперации теплоты стоков используется теплообменный аппарат кожухотрубного типа, расположенный горизонтально или вертикально. В большинстве случаев данный теплообменный аппарат является устройством типа «труба в трубе». Устройство располагается в непосредственной близости к водоразборному прибору или группе приборов, образующих сточные воды, теплоту которых планируется полезно использовать для нагрева холодной воды.

Каждое водоразборное устройство имеет свои уникальные режимные особенности и условия эксплуатации, оказывающие влияние на эффект от локальной утилизации теплоты стоков. Также, утилизационный теплообменник существенную часть времени использования функционирует при нестационарном тепловом режиме. Именно поэтому при разработке энергосберегающего мероприятия на основе данного способа рекуперации необходимо в каждом конкретном случае определять рациональные характеристики теплообменного аппарата, соответствующие условиям эксплуатации водоразборного устройства.

Актуальность исследования основывается на:

–отсутствии данных о влиянии условий эксплуатации теплообменного аппарата исследуемой конструкции на эффективность утилизации теплоты стоков;

– отсутствии методики теплового расчета теплообменных аппаратов для локальной утилизации теплоты сточных вод, учитывающей условия эксплуатации теплообменника;

–отсутствии данных о потенциальном эффекте от локальной утилизации теплоты сточных вод, определённом с учетом условий эксплуатации теплообменника и особенностей его использования (использование при нестационарном тепловом режиме).

Данный способ утилизации теплоты сточных вод доступен для применения в системах горячего водоснабжения жилых, общественных и промышленных зданий. Тема исследования соответствует государственной программе Российской Федерации «Развитие энергетики».

2. Связь диссертационной работы с приоритетными научно-исследовательскими работами

Диссертационная работа направлена на повышение энергетической эффективности систем горячего водоснабжения при помощи локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменных аппаратов с рациональными характеристиками.

3. Научная новизна результатов работы

1. На основе математической модели теплопередачи в теплообменнике разработана методика теплового расчета теплообменного аппарата исследуемой конструкции для утилизации теплоты сточных вод при стационарных и нестационарных режимах работы;

2. Получены закономерности, описывающие влияние условий эксплуатации, геометрических, теплофизических и режимных параметров ТОА на количество полезно утилизированной тепловой энергии отдельным теплообменным устройством;

3. Получены экспериментальные данные по теплообмену в аппарате разработанной конструкции, а именно: распределение температуры в потоке нагреваемой среды во времени, определённое в расчетных пространственных точках; тепловая инерция теплообменного аппарата (количество времени, необходимое для достижения стационарного теплового режима устройством).

4. Теоретическая значимость результатов работы

Теоретическая значимость работы заключается в разработке и обосновании расчетной методики для определения рациональных характеристик утилизационного ТООА, тепловой инерции устройства, энергетического, экономического и экологического эффекта от его применения. В основе методики лежит прошедшая процедуру валидации разработанная математическая модель теплопередачи в теплообменном аппарате, учитывающая период нестационарной и стационарной работы устройства.

5. Практическая значимость результатов работы

– Разработан способ локальной утилизации теплоты сточных вод на основе использования утилизационного теплообменника оригинальной конструкции в непосредственной близости от места разбора горячей воды.

– Разработано программное обеспечение для расчета теплопередачи в утилизационном теплообменном аппарате.

– Разработана универсальная мобильная стендовая установка, применимая для определения мощности и тепловой инерции теплообменника, утилизирующего теплоту хозяйственно-бытовых сточных вод, в зависимости от режима работы водоразборного устройства, площади поверхности теплообмена, конфигурации теплообменника и условий эксплуатации.

– Получены данные о количестве тепловой энергии, доступной для полезного использования путём рекуперации теплоты хозяйственно-бытовых сточных вод на основе использования утилизационного теплообменного аппарата.

– Определены экономический и экологический эффект от использования ТООА для локальной утилизации теплоты сточных вод.

– Разработаны рекомендации по выбору рациональных геометрических характеристик утилизационного ТООА.

– Разработана рациональная конструкция теплообменного аппарата для локальной утилизации теплоты сточных вод в непосредственной близости от места разбора горячей воды.

6. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии во всех этапах получения результатов, представленных в диссертации, в разработке математической

модели теплопередачи в теплообменном устройстве, в самостоятельной разработке экспериментальной установки, проведении экспериментов, последующей обработке полученных эмпирических данных, в разработке методики проектирования теплообменного устройства с рациональными параметрами, в разработке рекомендаций по применению разработанного устройства для утилизации теплоты сточных вод, в оценке энергетического потенциала, доступного для полезной утилизации тепловой энергии сточных вод, в разработке полезной модели утилизационного теплообменного аппарата, в подготовке публикаций по теме исследования и выступлений на конференциях.

7. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается использованием базовых положений по расчету теплообменного оборудования, систем горячего водоснабжения зданий; удовлетворительной сходимостью экспериментальных данных, полученных на основе высокоточных измерительных приборов (имеющих действительное свидетельство о поверке), и теоретических результатов, полученных на основе математического моделирования теплопередачи в утилизационном теплообменнике.

Также, полученные экспериментальные данные подтверждают адекватность выбранной математической модели теплового расчета теплообменного аппарата исследуемой конструкции.

8. Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.4.6 «Теоретическая и прикладная теплотехника» и охватывает следующие направления:

П.6. – «Научные основы повышения эффективности использования энергетических ресурсов в теплотехническом оборудовании и использующих теплоту системах и установках»;

П.10. – «Теоретические аспекты и методы интенсивного энергосбережения в тепловых технологических системах и процессах. Теоретические основы создания малоотходных и безотходных тепловых технологических установок, способствующих защите окружающей среды».

**9. Полнота изложения результатов диссертации в работах,
опубликованных автором**

По теме диссертационного исследования Куницкого В.А. опубликовано 25 работ, из них 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России для соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук, по специальности диссертации, 1 статья в научном издании, индексируемом в международной базе данных Scopus, 2 – в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России для соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 патент на полезную модель.

Статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ

1. **Куницкий В.А., Лукин С.В.** Характеристики теплообменника для локальной утилизации теплоты сточных вод при различных условиях эксплуатации. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*. 2024;26(2):176-186.
2. **Куницкий В.А., Лукин С.В.** Определение эффективности локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменного аппарата. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*. 2024;26(4):136-149.
3. **Куницкий В. А.,** Исследование нестационарных режимов работы утилизационного теплообменного устройства на основе математического моделирования / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – Т. 14, № 4(56). – С. 69-79.
4. **Куницкий В. А.,** Верификация нестационарной математической модели тепловой работы утилизационного теплообменного аппарата на основе экспериментального испытания / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 3(59). – С. 57-69.

Статьи в изданиях, включенных в международную базу цитирования SCOPUS

5. Soloveva O., Solovev S., **Kunitsky V.** et al. Determination of the optimal heat exchanger configuration for wastewater heat recovery // E3S Web of Conferences. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Environmental Technologies (EMMFT-2023); 9-13 October 2023; Voronezh, Russia. Vol. 458.

6. **Куницкий В. А.** Совершенствование математической модели тепловой работы утилизационного теплообменника / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Школа практических инноваций - инженерному бизнесу региона : Материалы Всероссийской научно-практической конференции памяти профессора Александра Николаевича Шичкова, Вологда, 19 января 2024 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2024. – С. 106-108.

7. **Куницкий В. А.** Особенности работы теплообменного аппарата для утилизации теплоты сточных вод / В. А. Куницкий // Развитие строительной отрасли: Сборник материалов II Межрегиональной конференции, Вологда, 21–24 сентября 2023 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2024. – С. 59-61.

8. **Куницкий В. А.** О совершенствовании нестационарной математической модели тепловой работы утилизационного теплообменного аппарата / В. А. Куницкий // Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 17 ноября 2022 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 304-307.

9. **Куницкий В. А.** Исследование влияния характеристик утилизационного теплообменника на его энергетическую эффективность / В. А. Куницкий // XVII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых: материалы Всероссийской научной конференции, Вологда, 20–24 ноября 2023 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 60-62.

10. **Куницкий В. А.** Этапы разработки методики проектирования утилизационного теплообменного аппарата / В. А. Куницкий // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VIII Национальной научно-практической конференции, Казань, 08–09 декабря 2022 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 977-978.

11. **Куницкий В. А.** О допущениях при разработке математической модели тепловой работы утилизационного теплообменного аппарата / В. А. Куницкий // XVI Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых: Материалы Всероссийской научной конференции. В 3-х томах, Вологда, 29 ноября 2022 года / Главный редактор М.М. Караганова. Том 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 357-359.

12. **Куницкий В. А.** Особенности модернизации сетей горячего водоснабжения на основе утилизации теплоты сточной воды, образующейся в душе / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 410-413.
13. Лукин С. В. Анализ влияющих факторов на подбор теплообменного аппарата, утилизирующего теплоту сточных вод / С. В. Лукин, **В. А. Куницкий** // Энергоэффективные технологии в строительстве, энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве : Сборник научных трудов II научно-технической конференции студентов и аспирантов с международным участием, Ульяновск, 30 сентября 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2022. – С. 76-80.
14. Лукин С. В. Разработка способа высокоэффективного горячего водоснабжения с помощью утилизации теплоты канализационных вод / С. В. Лукин, **В. А. Куницкий** // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XV Международной научно-технической конференции, Вологда, 08 декабря 2020 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 145-148.
15. **Куницкий В. А.** Разработка энергоэффективного способа горячего водоснабжения в многоквартирных домах / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Актуальные вопросы развития строительной отрасли: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 12 ноября 2020 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 99-102.
16. **Куницкий В. А.** Анализ результатов математического моделирования тепловой работы теплообменного аппарата / В. А. Куницкий // XV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых: материалы Всероссийской научной конференции, Вологда, 23 ноября 2021 года. Том 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 198-200.
17. **Куницкий В. А.** Математическое моделирование нестационарного теплообмена в теплообменном аппарате / В. А. Куницкий // Молодые исследователи - регионам: Материалы Международной научной конференции. В 3-х томах, Вологда, 20–21 апреля 2021 года / Главный редактор С.Ф. Митенева. Том 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 327-328.
18. **Куницкий В. А.** Способ экономии электрической энергии, потребляемой водонагревателем, при помощи теплообменного аппарата / В. А. Куницкий //

Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производства: технология и надежность машин, приборов и оборудования : материалы XIV Международной научно-технической конференции, Вологда, 10 декабря 2019 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. – С. 198-203.

19. **Куницкий В. А.** Способ горячего водоснабжения с утилизацией теплоты канализационной воды / В. А. Куницкий // Молодые исследователи - регионам: Материалы Международной научной конференции. В 3-х томах, Вологда, 13–23 апреля 2020 года / Главный редактор В.Н. Маковеев. Том 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. – С. 395-396.

20. **Куницкий В. А.** разработка высокоэффективного способа горячего водоснабжения / В. А. Куницкий // XIV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы Всероссийской научной конференции: в 3 т., Вологда, 24–27 ноября 2020 года. Том Т. 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. – С. 303-305.

21. **Куницкий В. А.** Использование теплообменного аппарата для рекуперации тепловой энергии сточной душевой воды / В. А. Куницкий // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – № 1(7). – С. 19-22.

22. **Куницкий В. А.** Способ горячего водоснабжения с утилизацией теплоты канализационной воды / В. А. Куницкий // XIII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы межрегиональной научной конференции: в 2 томах, Вологда, 18–22 ноября 2019 года. Том 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2019. – С. 370-373.

23. **Куницкий В. А.** Способ децентрализованного горячего водоснабжения с утилизацией теплоты воды, сливаемой из душевых устройств / В. А. Куницкий, С. В. Лукин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2019. – № 4(6). – С. 54-57.

Патент на полезную модель

24. **Куницкий В.А. Лукин С.В.** Устройство для утилизации теплоты сточных вод, образующихся при использовании душевой. Патент РФ на полезную модель №223347. 14.02.2024. Бюл. №5. Доступно по: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=223347&TypeFile=html. Ссылка активна на 24 сентября 2025.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668810 Российская Федерация. Программа моделирования распределения температур внутри потоков нагреваемой и греющей сред в утилизационном теплообменном аппарате при стационарном и нестационарном тепловом режиме: № 2023667714: заявл. 28.08.2023; опубл. 04.09.2023 / В. А. Куницкий, С. В. Лукин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет».

10. Апробация работы

Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях международного и всероссийского уровня: Международная молодежная научная конференция Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация», Международная научная конференция «Молодые исследователи – регионам», г. Вологда, (2019, 2020, 2021, 2023), Национальная научно-практическая конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», г. Казань, (2019, 2022), Научно-техническая конференция студентов и аспирантов с международным участием «Энергоэффективные технологии в строительстве, энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве», г. Ульяновск, (2022), Международная научно-техническая конференция «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производства: технология и надежность машин, приборов и оборудования», г. Вологда, (2019, 2020), Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых, г. Вологда (2019, 2020, 2021, 2023).

11. Ценность научных работ соискателя состоит в следующем:

–Разработана математическая модель процесса теплопередачи между потоком нагреваемой среды, движущимся внутри труб в теплообменнике, и потоком греющей среды (сточной воды), движущимся внутри корпуса теплообменника, учитывающая условия эксплуатации ТОА и режимные особенности водоразборного устройства.

–На основе математической модели, прошедшей процедуру валидации на основе экспериментального испытания, исследовано влияние геометрических, режимных, теплофизических параметров на характеристики теплообменного аппарата; исследовано влияние условий эксплуатации теплообменника; даны рекомендации по рациональным

геометрическим, теплофизическим и режимным параметрам работы утилизационного ТОА.

–На основе проведенных исследований разработана инженерная методика, позволяющая определять характеристики утилизационного ТОА, количество полезно утилизированной тепловой энергии, тепловую инерцию устройства, относительную экономию тепловой энергии (для реализации методики составлен алгоритм).

–Выполнено технико-экономическое обоснование реализации локальной утилизации теплоты сточных вод в централизованной и децентрализованной системе водоснабжения, отводимых от душевой, на основе теплообменного аппарата. Определено, что для теплообменника для утилизации теплоты сточных вод возможен только выбор рациональных параметров в каждом конкретном случае, а не идеальных (унифицированных).

–Выполнен расчет энергетического и экологического эффекта от реализации локальной утилизации теплоты сточных вод, отводимых от душевой, получаемый в рамках отдельного водоразборного устройства с заданными режимными параметрами и условиями эксплуатации.

12. Характер результатов

Характер результатов соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ.

13. Рекомендации и выводы

Диссертационная работа Куницкого Вячеслава Андреевича «Энергосберегающий способ локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменного аппарата» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задач, связанных с повышением энергетической эффективности систем горячего водоснабжения при помощи локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменных аппаратов с рациональными характеристиками.

Диссертационная работа систематизирует и обобщает самостоятельные исследования автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. При выполнении диссертационной работы Куницкий В.А. проявил себя

квалифицированным научным работником, способным самостоятельно и независимо ставить и решать сложные теоретические и практические задачи.

Работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, с изменениями, принятыми Постановлением Правительства РФ от 16 октября 2024г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертационная работа «Энергосберегающий способ локальной утилизации теплоты сточных вод на основе теплообменного аппарата» Куницкого Вячеслава Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры теплогазоснабжения ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», которое состоялось 23 сентября 2025г. протокол № 2. На заседании присутствовало 16 человек, из них 2 доктора наук и 8 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» – 16, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Председатель заседания:

Монаркин Николай Николаевич

канд. техн. наук, доцент, исполняющий обязанности

зав. кафедрой теплогазоснабжения

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Секретарь заседания:

Гудков Александр Геннадьевич

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедры теплогазоснабжения

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет», 160000, Вологодская область, город Вологда, улица Ленина, дом 15, Тел. +7 (8172) 72-46-45, e-mail: kanz@vogu35.ru

Сведение о лице, утвердившем заключение

Дворников Денис Владимирович: кандидат юридических наук, исполняющий обязанности ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вологодский государственный университет», 160000, Вологодская область, город Вологда, улица Ленина, дом 15, Тел. +7 (8172) 72-46-45, e-mail: rector@vogu35.ru, dvornikovdy@vogu35.ru.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

Ведущий специалист по персоналу
Управления правового и кадрового
обеспечения

08/10/25

