

**УТВЕРЖДАЮ:**



Ректор ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,

доктор технических наук, профессор

А.Л. Шестаков

« 30 » июля 2018 г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Диссертация «Распределенное управление теплоснабжением зданий на основе сенсорных сетей» выполнялась на кафедре автоматики и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель Басалаев Александр Анатольевич с 2011 года по 2015 год проходил обучение в аспирантуре на кафедре автоматики и управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», с 2015 года до 2017 года работал ассистентом кафедры автоматики и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», с 2017 года по настоящее время – старшим преподавателем кафедры автоматики и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В 2011 г. Басалаев Александр Анатольевич с отличием окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2016 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Шнайдер Дмитрий Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автоматики и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Тема диссертации утверждена Ученым советом высшей школы электроники и компьютерных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», протокол №4 от «3» декабря 2012 г.

По результатам рассмотрения диссертации «Распределенное управление теплоснабжением зданий на основе сенсорных сетей» принято следующее **заключение:**

*Актуальность* диссертационной работы Басалаева А.А. «Распределенное управление теплоснабжением зданий на основе сенсорных сетей» не вызывает сомнений и обусловлена современными тенденциями внедрения в сферу жилищно-коммунального хозяйства беспроводных технологий сбора и передачи информации с множества различных датчиков. В работе автора рассмотрено применение беспроводных сетей датчиков температуры воздуха для контроля и управления микроклиматом помещений зданий. В предложенной соискателем постановке и решении задачи управления сочетаются современные возможности программно-технических комплексов сбора большого объема данных с использованием сенсорных сетей и специфика контроля качества теплоснабжения зданий, связанная с необходимостью поддержания температур помещения в требуемых диапазонах. Результатом применения предложенных автором алгоритмов управления является максимизация количества выполненных требований к температурам помещений и выявление помещений, в которых в текущих условиях невозможно выполнение требуемых температурных условий без снижения качества теплоснабжения в других помещениях здания. Таким образом, предложенный автором алгоритм совмещает в себе функции как управления, так и диагностики теплового режима здания.

В диссертации рассмотрены задачи автоматизации процессов контроля и управления технологическими распределенными системами и необходимые для этого методы обработки информации, что соответствует паспорту специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». В диссертации формализована постановка и предложено решение задачи управления распределенным процессом теплоснабжением зданий с использованием данных, полученных от сенсорных сетей. Разработана структура автоматизированной системы управления на основе предложенного алгоритма решения задачи.

Представленная в диссертации постановка и алгоритмы решения задачи автоматизированного распределенного управления теплоснабжением зданий на основе сенсорных сетей позволяют осуществлять управление распределенными объектами теплоснабжения по критерию максимума помещений с выполненными температурными условиями, а также выявлять помещения, в которых температуру воздуха невозможно поддерживать в требуемых диапазонах, что соответствует пунктам 13 и 14 области исследований паспорта специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В диссертации разработаны макромоделли теплового режима помещений зданий и централизованной системы теплоснабжения группы зданий, используемые для идентификации и прогноза температур помещений зданий при решении задачи модельно-прогнозирующего управления теплоснабжением зданий с использованием данных сенсорных сетей по критерию максимума количества помещений с выполненными температурными условиями, что соответствует пунктам 4 и 6 области исследований паспорта специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Таким образом, работа полностью соответствует паспорту специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Содержание диссертационной работы указывает на то, что соискатель достаточно хорошо владеет современными подходами, математическими методами и моделями управления распределенными системами теплоснабжения зданий.

*Теоретическая значимость* работы соискателя заключается в формализации постановки задачи распределенного управления микроклиматом помещений зданий на основе сенсорных сетей. Целью предложенной постановки задачи является обеспечение выполнения максимального количества требуемых температурных условий помещений с использованием большого количества данных, характеризующих противоречивость задачи выполнения температурных условий всех помещений зданий.

*Практическая значимость* состоит в разработке алгоритмов решения задачи распределенного управления системой теплоснабжения зданий с выполнением максимального количества требуемых температурных условий помещений и реализации соответствующего программного модуля распределенного управления теплоснабжением зданий с использованием сенсорных сетей в составе программно-технического комплекса «ПолиТЭР», применяемого для диспетчерского управления теплоснабжением объектов широкого класса. Результаты внедрения автоматизированной системы представлены в работе соискателя и доказывают корректность и эффективность использования продолженной постановки задачи управления и алгоритмов её



решения, что позволяет в перспективе использовать результаты данной работы в других системах теплоснабжения зданий и сооружений в масштабах здания, района или города.

*Научная новизна* работы заключается:

1) в формализации постановки задачи оперативного управления теплоснабжением зданий на базе сенсорных сетей по критерию выполнения максимального числа противоречивых температурных условий в помещениях с учетом их значимости;

2) в разработке нового алгоритма оперативного управления отоплением здания на основе сенсорных сетей, обеспечивающего распределенное регулирование подачи тепловой энергии по критерию максимального выполнения взвешенных температурных условий в помещениях здания;

3) в разработке нового алгоритма оперативного управления отоплением группы зданий в дефицитном режиме на основе сенсорных сетей, обеспечивающего распределенное регулирование подачи тепловой энергии по критерию максимального выполнения взвешенных температурных условий в помещениях зданий, подключенных к системе централизованного теплоснабжения с ограниченной располагаемой мощностью источников тепловой энергии.

*Личным вкладом* соискателя является постановка задачи оперативного управления теплоснабжением зданий по критерию максимума помещений с выполненными температурными условиями и управления теплоснабжением группы зданий, функционирующих в дефицитном режиме при ограниченном количестве генерируемой на источниках тепловой энергии; разработка алгоритмов управления с использованием предложенной постановки задачи и методов её решения; разработка макромодели системы теплоснабжения группы зданий с идентификацией параметров для объекта внедрения; разработка программного модуля распределенного управления теплоснабжением зданий с использованием сенсорных сетей.

*Степень достоверности результатов проведенных исследований.*

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается корректной постановкой и формализацией исследовательской задачи, адекватными решаемой задаче методами исследования, корректным использованием основных положений теплотехники, теории автоматического управления, идентификации математических моделей, математической статистики и других классических современных научных положений. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными, полученными в ходе экспериментальных исследований. Разработанные автором программные модули, реализующие предложенные в диссертационной работе алгоритмы распределенного управления на основе сенсорных сетей, введены в эксплуатацию в составе автоматизированной системы управления теплоснабжением зданий Южно-Уральского государственного университета, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

По объему выполненных научно-технических исследований и полученным практическим результатам диссертационная работа Басалаева А.А. является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой можно квалифицировать как решение конкретной практически значимой научно-технической задачи, которая соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

Результаты и выводы не противоречат ранее полученным результатам других авторов. В диссертацию включены только результаты, полученные Басалаевым А.А., они не затрагивают интересы соавторов в представленных публикациях. Научному руководителю принадлежит общая постановка задачи диссертационного исследования.

Основные разработки и научные положения диссертации представлены в 16 научных работах, в числе которых: 7 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК; 5 работ опубликованы в рецензируемых зарубежных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и ведущие международные системы цитирования Web of Science, Scopus. Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем.

#### **Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Абдуллин, В.В. Подход к оперативному анализу эффективности теплоснабжения зданий / Абдуллин В.В., Д.А. Шнайдер, А.А. Басалаев // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2011. – Вып. 13. – №2 (219). – С.70-73.

2. Басалаев, А.А. Модель системы энергоэффективного теплоснабжения зданий / А.А. Басалаев // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2012. – № 23. – С.216-218.

3. Басалаев, А.А. Оперативный анализ энергетической эффективности теплоснабжения зданий в автоматизированных системах диспетчеризации и управления / А.А. Басалаев, Д.А. Шнайдер, А.Р. Хасанов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 11. – № 1. – С.16–23.

4. Басалаев, А.А. Распределенное имитационное моделирование системы теплоснабжения зданий в среде Vissim / А.А. Басалаев // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2013. – Том 13. – № 2. – С.82–87.

5. Басалаев, А.А. Метод расчета норм потребления технической воды для металлургических предприятий / А.А. Басалаев, Д.А. Шнайдер, Л.С. Казаринов // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Том 14. – № 4. – С.99–106.

6. Басалаев, А.А. Автоматизированный энергоменеджмент теплоэнергетического комплекса университетского городка / А.А. Басалаев // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2015. – Том 15. – № 4. – С.26–32.

7. Басалаев, А.А. Метод оптимизации температуры подаваемого теплоносителя в системе централизованного теплоснабжения зданий на основе имитационного моделирования / А.А. Басалаев, Д.А. Шнайдер // Вестник ЮУрГУ. Серия Компьютерные технологии, управление и радиоэлектроника. – 2017. – Том 17. – № 1. – С.15–22.

**Статьи в зарубежных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и ведущие международные системы цитирования Web of Science, Scopus:**

8. Shnaider, D.A. Building Heating Feed-forward Control Based on Indoor Air Temperature Inverse Dynamics Model / D.A. Shnaider, V.V. Abdullin, A.A. Basalaev // Proceedings of The World Congress on Engineering and Computer Science 2014. Volume II. – 22-24 October, 2014. San Francisco, USA. – P. 886–892.

9. Shnaider, D.A. Building Heating Feed-Forward Control Method and Its Application in South Ural State University Academic Building / D.A. Shnaider, V.V. Abdullin, A.A. Basalaev // Transactions on Engineering Technologies. San Francisco, USA. – P. 69–84.

10. Basalaev, A.A. Simulation Study on Supply Temperature Optimization of University Campus Heating System / A.A. Basalaev, T.A. Barbasova, D.A. Shnaider // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 129. – P. 587–594.

11. Filimonova, A.A. Heat supply modes optimization based on macromodeling technology / A.A. Filimonova, T.A. Barbasova, D.A. Shnaider, A.A. Basalaev // 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, Italy. – 2017. – Vol. 111. – P. 720-729.

12. Basalaev, A.A. Optimal Solutions to Indoor Temperature Control Problems for District Heating Systems in Short Supply Conditions / A.A. Basalaev // 2nd International Ural Conference on Measurements, UralCon, 16-19 October 2017, Chelyabinsk, Russia. – 2017. – Vol. 111. – P. 351-356.

**Другие публикации:**

13. Басалаев, А.А. Распределенное имитационное моделирование систем теплоснабжения / А.А. Басалаев, Т.А. Барбасова, А.Р. Хасанов, В.В. Абдуллин // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых 22-26 апреля 2013 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – С.55–58.

14. Шнайдер, Д.А. ПТК «ПолиТЭР» – единое решение для диспетчерского управления и коммерческого учета энергоресурсов / Д.А. Шнайдер, Абдуллин В.В., А.А. Басалаев // Энергоназор. – 2014. – №4 (56). – С. 127–128.

15. Шнайдер, Д.А. Диспетчерское управление и коммерческий учет энергоресурсов в ЖКХ на базе программно-технического комплекса «ПолиТЭР» / Д.А. Шнайдер, Абдуллин В.В., А.А. Басалаев // Коммерческий учет энергоносителей: Материалы XXXIV международной научно-практической Конференции. – СПб., 2014. – С. 90–100.

16. Басалаев, А.А. Поддержка принятия решений и мониторинг эффективности энергосберегающих проектов в системах тепло-, водоснабжения на основе ПТК «ПолиТЭР» / А.А. Басалаев, Д.А. Шнайдер // XV всероссийское совещание по энергосбережению. IX техническая конференция «Автоматизация инженерных систем», сборник докладов и статей, 15-16 апреля 2015 г. – Екатеринбург: ООО ПК «Артикул», 2015 г. – С.80–82.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Распределенное управление теплоснабжением зданий на основе сенсорных сетей» Басалаева Александра Анатольевича **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

#### **ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

Казаринов Лев Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматики и управления (АиУ) Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ); Шнайдер Дмитрий Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры АиУ ЮУрГУ; Хасанов Алексей Романович, кандидат технических наук, доцент кафедры АиУ ЮУрГУ; Колесникова Ольга Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры АиУ ЮУрГУ; Озеров Леонид Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры АиУ ЮУрГУ; Абдуллин Вильдан Вильданович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры АиУ ЮУрГУ; Басалаев Александр Анатольевич, старший преподаватель кафедры АиУ ЮУрГУ; Калинина Екатерина Александровна, аспирант кафедры АиУ ЮУрГУ; Просоедов Роман Александрович, аспирант кафедры АиУ ЮУрГУ.

**ПРИГЛАШЕНЫ:** Шестаков Александр Леонидович, доктор технических наук, профессор, ректор ЮУрГУ; Логиновский Олег Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах (ИАОУ) ЮУрГУ; Панферов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ИАОУ ЮУрГУ; Ширяев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматического управления» ЮУрГУ; Кодкин Владимир Львович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированный электропривод» ЮУрГУ; Голлай Александр Владимирович, кандидат химических наук, докторант кафедры ИАОУ ЮУрГУ.



**ВЫСТУПИЛИ:** Казаринов Лев Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой АиУ ЮУрГУ; Кодкин Владимир Львович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированный электропривод» ЮУрГУ; Шнайдер Дмитрий Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры АиУ ЮУрГУ; Панферов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ИАОУ ЮУрГУ; Ширяев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматического управления» ЮУрГУ; Логиновский Олег Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ИАОУ ЮУрГУ; Шестаков Александр Леонидович, доктор технических наук, профессор, ректор ЮУрГУ.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры автоматизации и управления Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». Результаты голосования «за» – 14 чел., «против» – 1 чел., «воздержались» – 0 чел., протокол № 9 от «17» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой  
Автоматики и управления  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
д.т.н., профессор



Л.С. Казаринов

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Россия, 454080 Челябинск, проспект Ленина, 87,  
<http://susu.ru/>,  
телефон: (351) 267-90-11  
e-mail: [aiu@susu.ru](mailto:aiu@susu.ru)