

## УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор - проректор по  
научной работе  
ФГБОУ ВО «СамГТУ»

доктор технических наук, профессор

  
М.В. Ненашев

« 27 » ноября 2017 г.

## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Абдуллина Вильдана Вильдановича

«Управление тепловым режимом здания с контуром отработки  
быстропеременных воздействий», представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.13.06 □ «Автоматизация  
и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»

### Актуальность темы.

Повышение энергетической эффективности систем отопления зданий является одной из ключевых задач энерго- и ресурсосбережения в отрасли жилищно-коммунального хозяйства в условиях непрерывного роста цен на энергоносители, совершенствования экологического законодательства и повышения требований к качеству жилья. Актуальность данной задачи подтверждается принятыми ранее в Российской Федерации нормативно-правовыми актами и политическими решениями: Приоритетным национальным проектом «Жильё» (2005), Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», государственной программой на 2013—2020 годы «Обеспечение доступным и комфортным жильём и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» (распоряжение Правительства РФ от 30 ноября 2012 г. №2227-р) и др.

При этом возникает необходимость не только максимально снизить потребление тепловой энергии отапливаемым объектом, но и обеспечить требуемый уровень надежности и комфорта, а именно соответствие температуры помещений установленным санитарным нормам. Современные системы отопления должны

обеспечивать баланс в соблюдении этих, □ противоречивых, требований, достижение которого невозможно без применения современных методов управления и средств автоматизации. Диссертационная работа Абдуллина В. В. посвящена разработке системы управления отоплением зданий, позволяющего согласовать эти противоречивые требования к тепловому режиму объекта.

Тема диссертации соответствует Приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в РФ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», а также пункту «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии» Перечня критических технологий РФ (утверждены Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899).

Эти обстоятельства обосновывают актуальность темы диссертации.

#### Новизна исследования и полученных результатов

Новизна решений по построению системы управления отоплением зданий состоит в использовании технологии упреждающего управления, обратных моделей теплового режима зданий, вычисления обобщенного теплового возмущения здания и использовании дополнительного контура обратной связи в системе управления отоплением для коррекции уровня подачи тепловой энергии и компенсации обобщенного теплового возмущения. Автором предложена новая методика вычисления оценки обобщенного возмущения в реальном времени на основе моделей прямой и обратной динамики теплового режима здания, отличающейся использованием прогнозирующих экспоненциальных фильтров в полиномиальном базисе. Эта оценка формируется из доступных для измерения значений параметров теплового режима здания, с учетом их разделения на две группы по динамике влияния на температуру воздуха в помещении. В модели для описания влияния этих параметров на выходную величину использованы отдельные динамические операторы. Для тепловой оценки получены математические выражения и вычислительные алгоритмы. Проведено исследование влияния различных факторов моделирования (порядок и вид модельного представления объекта управления, шаг моделирования, вид и параметры экспоненциального фильтра и др.) на ошибку восстановления искомым неизвестных параметров по модели обратной динамики.

Предложенный метод управления отоплением зданий опробован на модельных экспериментах и в ходе натурных испытаний.

#### Практическая ценность и применимость результатов разработок диссертации

Результаты рассматриваемой диссертации направлены на их последующее использование в коммунальном хозяйстве городов.



С практической точки зрения результаты работы могут быть применены в энергоэффективном управлении тепловым режимом жилых и административных зданий, обеспечении комфортного микроклимата в зданиях, оценке действия на здания различных возмущающих тепловых факторов. Также, с нашей точки зрения, имеется принципиальная возможность использования полученных в работе результатов для управления более широким кругом объектов: вентиляцией, отоплением и кондиционированием объектов и сооружений различного назначения, в том числе промышленных предприятий, с некоторой адаптацией используемых в работе прямых и обратных динамических моделей.

Разработанные в диссертации алгоритмы для оценки тепловых возмущений зданий в реальном времени, а также способ компенсации тепловой инерции здания могут быть использованы при разработке новых методов и систем управления тепловым режимом зданий. Исследованные в работе методы упреждающего управления на базе прогнозирующих цифровых фильтров могут быть основой для дальнейших исследований и разработках систем упреждающего и прогнозирующего управления различными технологическими объектами и процессами.

Результаты диссертации практически внедрены в рамках приоритетного направления развития «Энергосбережение в социальной сфере» в 10-этажном здании одного из учебно-лабораторных корпусов Южно-Уральского государственного университета. Объект внедрения можно считать представительным и в полной мере отражающим рассмотренные в работе задачи и проблемы управления.

#### Обоснованность и достоверность результатов исследования

Диссертационная работа Абдуллина В.В. стала итогом комплексного системного исследования проблем управления тепловым режимом зданий с целью достижения высоких показателей эффективности и качества управления.

В работе представлено и проанализировано значительное количество трудов отечественных и зарубежных исследователей, как в области теплотехники, так и в области управления технологическими объектами и процессами. Автором дана критическая оценка данных научных трудов, выявлены имеющиеся в отрасли проблемы и определены перспективные направления для исследования. Результаты такого анализа легли в основу оригинального авторского подхода к управлению тепловым режимом здания.

Достоверность и обоснованность теоретических исследований, выводов и заключений обеспечивается адекватными решаемой задаче методами исследований, корректным использованием методологических и теоретических положений теории

автоматического управления, теории идентификации математических моделей, теории систем теплоснабжения, математической статистики и других классических и современных научных положений.

Достоверность и обоснованность практических исследований, научных результатов и выводов диссертационного исследования подтверждается математическим моделированием и экспериментами на реальном объекте. Так, предложенный метод управления отоплением зданий опробован на модельных экспериментах с использованием синтетических и фактических данных, а также подтвердил свою работоспособность в ходе натурных испытаний и внедрения. Успешное внедрение разработанной системы управления тепловым режимом жилых и административных зданий подтверждено соответствующими актами внедрения. Разработанная в диссертации автоматизированная система отопления показала свою эффективность и.

Таким образом, основные характеристики диссертационного исследования Абдуллина В.В. в части содержания и научных результатов, качества теоретических и эмпирических исследований, наличия и глубины авторских новаций теоретического, методического и прикладного характера позволяют оценить его как работу, в которой изложены новые научно обоснованные решения и разработки, имеющие теоретическое и практическое значение для управления технологическими объектами теплотехники.

#### Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения и 6 глав на 184 страницах, 4 приложений (3 акта внедрения и программа контроллера). Каждая глава имеет подразделы и выводы. Имеются заключительные выводы и результаты по итогам диссертационного исследования в целом. Список литературы содержит 148 ссылок. В автореферате автор указывает на 25 собственных опубликованных работ, в том числе на 4 публикации в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 6 в зарубежных изданиях с индексацией в ведущих международных системах цитирования, 1 написанную в соавторстве монографию.

Во введении содержится общая характеристика работы, ее актуальность, приводятся цели и задачи исследования, его новизна, научная и практическая значимость, методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, и результаты апробации работы.

В первой главе произведен анализ опыта решения проблемы энергоэффективного управления отоплением зданий.

Во второй главе разрабатывается непосредственно система управления



отоплением здания, обосновывается ее структура и разрабатывается теоретическая база для построения контура компенсации быстропеременных тепловых возмущений, действующих на отапливаемое здание.

Третья глава посвящена моделированию тепловых и теплогидравлических процессов в отапливаемом здании с использованием предлагаемых автором новых компенсирующих обратных связей для коррекции подачи тепла с учетом вычисляемого обобщенного теплового возмущения.

Четвертая глава посвящена настройке разработанной системы управления тепловым режимом здания. Автор приводит описание разработанного алгоритма автоматической настройки регуляторов системы управления тепловым режимом здания.

Пятая глава посвящена технической реализации предложенного управления тепловым режимом здания. Алгоритмы упреждающего управления, регуляторы, модели и фильтры реализованы в виде прикладной исполнительной программы контроллера, который вместе с датчиками и исполнительными механизмами объединен в систему управления при помощи сетей RS-485, Ethernet и Microlan.

В шестой главе приведены технико-экономические результаты внедрения предложенной системы управления тепловым режимом здания учебного корпуса ЗБВ ЮУрГУ. В результате внедрения системы отопления выполнена компенсация статической ошибки регулирования температуры внутри здания, уменьшена амплитуда суточных колебаний температуры, получен энергосберегающий эффект.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе не рассматривается алгоритм формирования уставки температуры воздуха в помещении (величина  $T_{ind}^{SP}$  на рисунке 2.2) и возможность ее оперативного корректирования в ходе работы системы.

2. Предложенная система управления тепловым режимом здания имеет 2 контура. Не изучено их динамическое взаимодействие и динамика отдельных контуров управления, поэтому трудно анализировать их управляемость и устойчивость.

3. В диссертации наглядно показано, как система обрабатывает повторяющиеся возмущения типа «день-ночь», но в явном виде не представлена реакция системы при неожиданных резких погодных изменениях.

4. Приведение полного текста исполнительной программы микроконтроллера в Приложении 4 считаем излишним, т.к. он отражает лишь техническую реализацию полученных в работе результатов и не имеет самостоятельной научной новизны. На наш взгляд, достаточно приведения общей структуры исполнительной программы без

раскрытия каждого из блоков.

5. Следовало бы провести сравнительный анализ полученных в диссертации результатов регулирования температуры с результатами известного распределенного пофасадного и поквартирного регулированием температуры в зданиях с учетом распределенного характера объекта управления и качественных особенностей сосредоточенного управления, предложенного автором для объекта с существенно распределенными параметрами.

Замечания по оформлению диссертации:

1. Перенос таблицы 3.1 на новую страницу выполнен без указания общепринятой и используемой в иных местах по тексту работы формулировки: «Продолжение таблицы 3.1».

Диссертация в целом представляет собой законченный научный труд. Текст и содержание диссертации излагаются последовательно, с хорошим математическим и физическим объяснением. Выводы по отдельным главам и общие выводы по диссертации доступно объясняют полученные научные и практические результаты и дают необходимые пояснения по итогам проведенных теоретических модельных экспериментов и технических выводов. Диссертация аккуратно оформлена, отличается строгим и грамотным изложением авторских мыслей, структура диссертации построена логично, рисунки и графики выполнены на хорошем уровне.

Представленные в отзыве замечания носят частный характер и не снижают общее качество работы в целом.

#### Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации и в достаточной мере отражает ее содержание.

#### Апробация и публикация основных результатов диссертации

Результаты исследований и разработок диссертационной работы прошли необходимую апробацию и освещение в научной печати в установленном порядке. Основные научные и практические результаты были доложены на 20 научных и научно-практических конференциях, в том числе на 12 международных и на 4 всероссийских. По теме работы имеется 25 опубликованных работ, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК России (4 публикации), в зарубежных изданиях, рецензируемых Scopus и Web of Science (6 публикаций), в материалах других изданий и научно-практических конференций (14 публикаций). Абдуллин В. В. является соавтором 1 монографии.



### Заключение

Диссертация Абдуллина Вильдана Вильдановича на тему «Управление тепловым режимом здания с контуром отработки быстропеременных воздействий» имеет законченный вид, является самостоятельным научно-квалификационным исследованием, актуальным с точки зрения науки и техники. Диссертация содержит решение научно-практической задачи создания энергоэффективной технологии отопления многоэтажных зданий и автоматической системы управления, реализующей эту технологию. Результаты, полученные в диссертации, имеют важное научное и практическое значение для промышленного использования энергоресурсов и коммунального хозяйства страны, а сама диссертация соответствует научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842) для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Абдуллин В. В. достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию Абдуллина В. В. обсужден на заседании кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», протокол №4 от 14 ноября 2017 г.

Заведующий кафедрой «Управление и системный анализ  
теплоэнергетических и социотехнических комплексов»  
ФГБОУ ВО «СамГТУ», доктор технических наук, профессор



Лившиц Михаил Юрьевич

27.11.2017.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
тел.: +7 (846) 332-42-34  
<http://www.samgtu.ru> email: [usat@samgtu.ru](mailto:usat@samgtu.ru)