

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Tomsk Polytechnic University» (TPU)
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,
Fax +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations): 02069303,
Company Number: 027000890168,
VAT/KPP (Code of Reason for Registration)
7018007264/701701001, BIC 016902004

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет» (ТПУ)
Ленина, пр. д. 30, г. Томск, 634050, Россия
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,
факс +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 016902004

27.02.2023 № 12 / 1479
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и
трансферу технологий
ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический
университет»,
Л.Г. Сухих
27 февраля 2023 года



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Рафальской Татьяны Анатольевны «Разработка и совершенствование методов моделирования и расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности «2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника».

Актуальность темы. Системы теплоснабжения зданий и сооружений принято относить к критически важным в связи с высокой ролью в жизни населения и работе промышленных предприятий. Одновременная выработка тепловой и электрической энергии на ТЭС определяет ключевое преимущество соответствующих технологий и перспективы развития энергетического сектора в целом. Для решения многопараметрических задач оптимизации индикаторов работы блоков, агрегатов, узлов и систем необходимо гибкое управление динамическими процессами. Диссертант сформировал крупное научное направление, связанное с разработкой подхода моделирования и расчета

переменных режимов работы систем теплоснабжения. Создано специализированное программное обеспечение для выполнения расчетов систем теплоснабжения с учетом динамических режимов эксплуатации. Результаты соответствующих расчетов позволяют выполнять прогнозирование наиболее эффективных условий адаптивной эксплуатации энергетического оборудования с учетом меняющихся внешних и внутренних факторов. Таким образом тема диссертационных исследований Рафальской Т.А. является актуальной.

Новизна работы. В диссертационной работе Рафальской Т.А. смоделирован комплекс взаимосвязанных тепломассобменных процессов, фазовых превращений и химических реакций при работе перспективных систем отопления и горячего водоснабжения, определены способы эффективного использования тепловой мощности систем централизованного теплоснабжения в различных переменных режимах работы, предложены и обоснованы новые подходы расчета, анализа и дальнейшего использования результатов исследований. Созданы оригинальные модели и коды для выполнения соответствующих расчетов. Предложены новые аналитические зависимости, описывающие изменение параметров работы оборудования.

Достоверность полученных результатов обоснована строгостью математических формулировок задач, а также сравнением получаемых результатов (для предельных условий) с работами других авторов.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что решены актуальные проблемы создания программного обеспечения для численного расчёта режимов работы тепловых пунктов со связанной подачей теплоты, особенностью которого является возможность определения всех характеристик группы теплообменников с перераспределением тепловой мощности между теплообменниками в зависимости от режима их работы. Выполнено технико-экономическое определение стоимости производства тепловой энергии для систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты, которое показало, что применение количественного способа регулирования

приводит к заметному снижению эксплуатационных затрат при низкотемпературных графиках.

Связь диссертации с реальным сектором экономики, научными проектами, программами и грантами. Результаты диссертации, реализованные в виде программных продуктов, внедрены и использованы при анализе тепловых режимов и эксплуатации систем теплоснабжения в ООО «Новосибирская теплосетевая компания», при проектировании систем теплоснабжения в проектно-производственных организациях АО «Электромагистраль» (г. Новосибирск), ООО «ПБ Казаковой» (г. Новокузнецк), ООО СК «ЭлСтрой» (г. Новосибирск); при экспертизе проектов тепловых пунктов и систем теплоснабжения в экспертных организациях ООО «Эксперт-Проект» (г. Новосибирск), ООО ПЭК «Рекон» (г. Новосибирск), а также в учебном и научном процессе вузов НАО «КазНИТУ им. К.И. Сатпаева» (Алматы, Казахстан), ФГБОУ ВО «КГЭУ» (г. Казань), ФГБОУ ВО «СибГИУ» (г. Новокузнецк), ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)» (г. Новосибирск). В тексте диссертации и приложения к ней представлены подтверждающие документы использования результатов исследований промышленными предприятиями и ВУЗами.

Личный вклад автора. Обоснование научной проблемы как темы диссертационной работы. Разработка подхода к описанию комплекса взаимосвязанных переменных режимов работы систем теплоснабжения; создание специализированного программного обеспечения для выполнения расчетов систем теплоснабжения с учетом динамических режимов эксплуатации. Постановка и обоснование цели и задач исследований, формулировка теоретических положений, анализ и обобщение результатов расчётов, а также формулирование выводов и рекомендаций осуществлялись совместно с научным консультантом. Пределы применимости существующих методов расчёта, соотношения, описывающие переменные параметры теплообменников получены совместно с научным консультантом. Построение метода расчёта переменных режимов работы тепловых пунктов со связанной

подачей теплоты, уравнений температурных графиков для температур сетевой воды в тепловом пункте, моделирование режимов работы систем теплоснабжения, обработка результатов, получение расчётных зависимостей для коррекции режимов работы выполнялись соискателем лично.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 459 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 367 страницах основного текста и 80 страницах приложений, содержит 277 рисунков и 26 таблиц.

Во введении обоснована тема диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации результатов диссертационной работы.

В первой главе диссертации рассмотрены основные трудности, возникающие при проектировании и эксплуатации крупных систем теплоснабжения, обоснована необходимость перехода на альтернативные способы центрального регулирования, доказана невозможность расчёта новых режимов работы существующими методами.

Во второй главе описаны предлагаемые автором этапы совершенствования и развития существующих методов и построения новых методов расчёта теплообменных систем.

В третьей главе выполнен анализ результатов математического моделирования, приведены разработанные формулы и уравнения для выполнения инженерных расчетов, позволяющие определять температуры и расходы теплоносителей в тепловых пунктах, не прибегая к методу последовательных приближений.

В четвертой главе проанализированы области применения предложенного в диссертационной работе расчётного метода для моделирования переменных режимов работы систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты в современных условиях, показаны возможности

перехода на другие температурные графики регулирования, коррекции неблагоприятных режимов работы.

Пятая глава посвящена обработке экспериментальных данных и построению математических моделей для исследования тепловой аккумуляции наружных ограждений в различных режимах работы системы теплоснабжения, в том числе, в аварийных, влиянию влагонакоплений на теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

Шестая глава посвящена применению предложенного подхода для исследования энергетической и экономической эффективности систем теплоснабжения при различных графиках регулирования.

В заключении приведены основные выводы по диссертационной работе.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу по дальнейшему совершенствованию способов регулирования тепловых нагрузок систем теплоснабжения. Наиболее интересным представляется включение разработанных в диссертационной работе методов расчета в программно-расчетный комплекс с многопользовательским доступом, позволяющий в едином геоинформационном пространстве управлять режимами работы системы теплоснабжения.

Имеются следующие замечания:

1. В тексте диссертации и автореферата используются три термина (уравнение, формула, выражение) в качестве синонимов для описания идентичных объектов. Аналогичная ситуация с терминами: методика, метод, способ. Понятия, вкладываемые в данные термины, существенно отличаются. Целесообразно аргументировать выбор одного из группы терминов и придерживаться его по всему тексту рукописи.

2. При выполнении расчетов используется совокупность значений входных параметров, в частности, теплофизических свойств веществ и материалов, меняющихся в зависимости от условий работы систем и агрегатов.

Стоило расширить анализ влияния этих факторов на результаты вычислений при разных динамических режимах эксплуатации систем.

3. При обобщении результатов исследований с целью одновременного учета влияния группы факторов приведены оригинальные математические выражения. Целесообразно для каждого из них привести физическую интерпретацию, поясняющую критерии вывода и правомерность одновременного учета.

4. Вычисления выполнены в ПО ANSYS Fluent в рамках моделей и алгоритмов с закрытыми для редактирования программными кодами. Целесообразно было привести обоснования границ применимости указанного ПО в конкретных приложениях с учетом специфических условий, соответствующих объектам исследований, внутренним и внешним условиям. Важно сравнение скоростей расчетов и требуемых вычислительных мощностей при использовании разработанных оригинальных и коммерческих кодов.

5. В диссертации и автореферате приведены эксплуатационные данные на группе рисунков для апробации моделей. Для верификации результатов моделирования по экспериментальным данным необходимо исчерпывающая информация о погрешностях средств измерений, их инерционности, случайных факторах.

6. Выводы в разделе «Заключение» и «Защищаемые положения» было целесообразно наполнить конкретными численными значениями для понимания областей и границ применения полученных результатов диссертационных исследований. Диссертация подготовлена по техническим наукам. Важно строгое определение технических возможностей использования результатов исследований.

Заключение по диссертационной работе. На основании вышеизложенного приходим к выводу, что диссертационная работа Рафальской Т.А. по своей актуальности, научной новизне, уровню глубины проработки и приведённым результатам является законченной научно-квалификационной работой. Содержание диссертации соответствует паспорту

специальности «2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника». Новые научные результаты, полученные соискателем, имеют существенное значение для развития систем теплоснабжения городских округов и промышленных районов. Сформировано крупное научное направление в области ресурсоэффективного теплоснабжения зданий и сооружений с учетом динамических режимов работы основного и дополнительного оборудования. Имеющиеся замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Рафальской Т.А.

Основные научные результаты диссертации опубликованы более чем в 80 работах, из них 24 работы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК, 13 работ в изданиях, включенных в международные базы научного цитирования Web of Science и SCOPUS, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 глава в книге. Важно отметить, что большинство публикаций в таких журналах, как «Промышленная теплоэнергетика», «Теплоэнергетика», «Известия вузов. Строительство» подготовлены соискателем без соавторства.

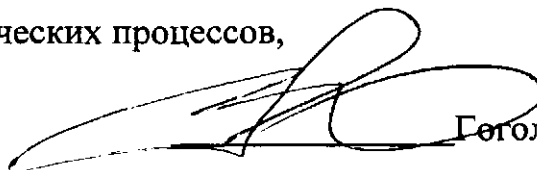
Автореферат структурированно и в полном объеме отражает содержание рукописи диссертации.

Считаем, что диссертация «Разработка и совершенствование методов моделирования и расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения» выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки России (в т.ч. требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Рафальская Татьяна Анатольевна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности «2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на научном семинаре Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения

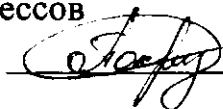
высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Протокол № 2 от 27 февраля 2023 года.

Председатель научного семинара,
директор Исследовательской школы
физики высокоэнергетических процессов,
к.ф.-м.н.



Гоголев Алексей Сергеевич

Секретарь научного семинара,
начальник организационного отдела
Исследовательской школы физики
высокоэнергетических процессов



Покровская Елена Александровна