

ОТЗЫВ

официального оппонента Ротова Павла Валерьевича
на диссертацию 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

На отзыв представлена диссертация Рафальской Т.А., изложенная на 368 страницах, состоящая из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 458 наименований и трех приложений. Диссертация включает 277 рисунков и 26 таблиц. Отзыв составлен на основании изучения содержания автореферата и диссертации.

Целью работы является повышение эффективности работы систем теплоснабжения путем оптимизации теплопотребления в системах отопления и горячего водоснабжения за счёт разработки методов расчета и моделирования переменных режимов их работы в условиях совместного центрального и местного регулирования тепловой нагрузки.

Актуальность работы

Актуальность, важность и своевременность темы не вызывает сомнения. В настоящее время практически повсеместно изменились режимы работы систем теплоснабжения и теплопотребления. В различных городах России эти системы проектировались и строились с запасом по тепловой мощности, с учетом перспективных тепловых нагрузок. Центральное качественное регулирование, которое в настоящее время всё ещё является определяющим способом регулирования тепловой нагрузки, не отвечает современным требованиям по энергетической эффективности. Способы регулирования тепловой нагрузки основываются на методиках расчета, разработанных и внедренных в прошлом веке. Применение энергосберегающих технологий, автоматизация систем теплоснабжения и теплопотребления привели к снижению отпуска теплоты от теплоисточников, что существенным образом повлияло на эффективность распределения тепловой нагрузки. Всё больше усиливается влияние потребителей тепловой энергии на работу теплоисточника и тепловой сети. В такой ситуации повышение эффективности систем теплоснабжения за счет оптимизации режимов их функционирования является едва ли не единственным решением проблемы. При этом решение этой задачи не требует больших капитальных затрат. Эффект от оптимизации режимов работы и совершенствования методов регулирования тепловой нагрузки достигается, как правило, в короткие сроки. Также следует отметить, что назрела настоятельная необходимость разработки и апробации методик расчета режимов работы систем теплоснабжения, отвечающих современным условиям эксплуатации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в работе

Выполнена на основе рассмотрения и анализа пунктов научной новизны диссертационного исследования.

1. Впервые определены пределы применимости существующих методов расчёта режимов работы теплообменных аппаратов, основанных на использовании числа единиц переноса теплоты и постоянного коэффициента теплопередачи теплообменника и показано, что во многих важных ситуациях они приводят к неправильным результатам, причём не только к количественным, но и качественным.

Положение является новым и научно обоснованным. Результаты важны для понимания проблемы адекватности и применимости существующих методик расчета режимов регулирования тепловой нагрузки системах теплоснабжения в условиях современных требований по энергоэффективности.

2. Впервые предложен метод 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.

Несомненно важный и новый с научной и практической точки зрения результат. Моделирование режимов совместной работы теплообменного оборудования в условиях обеспечения разнородной нагрузки отопления и горячего водоснабжения при постоянно меняющихся внешних факторах (температура, расход) позволяет оптимально распределить потоки теплоносителя, определить параметры на выходе из системы теплоснабжения, что очень важно для проектирования, планирования и анализа режимов функционирования систем теплоснабжения, в том числе, для повышения эффективности их работы.

3. Предложены новые аналитические зависимости, описывающие изменение параметров теплообменников в переменных режимах работы, особенностью которых является возможность выполнять расчёты при недостаточных исходных данных. С их помощью создан инженерный метод расчёта переменных режимов работы систем теплоснабжения, позволяющий существенно упростить проектные расчёты и сократить время их выполнения.

Очевидно, что расчет режимов работы любого оборудования при изменяющихся внешних условиях является чрезвычайно сложной задачей. Ранее в отечественных системах теплоснабжения при широко применяемом качественном способе регулирования тепловой нагрузки необходимости в решении таких задач не было. В настоящее время фактические режимы работы всех систем теплоснабжения вынужденно являются переменными.

Поэтому метод, предложенный автором, является своевременным, новым и важным для практической инженерной деятельности.

4. Впервые получены аналитические уравнения расчёта температурных графиков регулирования, позволяющие определять температуру сетевой воды после каждого теплообменника для двухступенчатых схем тепловых пунктов и непосредственно выполнять расчёт работы тепловых пунктов со связанной подачей теплоты.

Результаты научного исследования обладают признаками научной новизны в части разработки новой методики расчета теплообменников. Практическая значимость новых результатов заключается в разработке и апробации инженерного метода расчета переменных режимов работы теплопотребляющего оборудования тепловых пунктов. На мой взгляд, очень важным результатом предложенного метода расчета является возможность определения температуры сетевой воды в различных точках схемы теплового пункта. Сведения о температуре сетевой воды в обратном трубопроводе тепловой сети при переменном режиме работы систем теплопотребления качественно меняют существующий подход к определению эффективности тепловых электрических станций.

5. Систематически исследованы режимы работы системы теплоснабжения со связанной подачей теплоты при качественном и качественно-количественном регулировании тепловой нагрузки с учётом тепловой аккумуляции помещений с различными наружными ограждениями. Создано программное обеспечение для моделирования режимов работы системы теплоснабжения, включающее все предложенные методы расчёта.

Результаты исследования новые и практически значимые. Диссертационное исследование влияния переменного режима работы систем теплопотребления на теплотехнические свойства наружных ограждений позволяет решать большой круг научно-практических задач, оптимизировать графики и периоды регулирования, добиваться повышения эффективности работы систем теплоснабжения. Априори, полученные сведения позволяют моделировать режим работы систем отопления по состоянию микроклимата в различных точках зданий и сооружений.

Разработанный программный продукт, основанный на апробированных в диссертационном исследовании методиках и методах расчета, обладает всеми признаками научной новизны. Дополнительным подтверждением этого является получение свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Практическая значимость этого положения подтверждена актами внедрения программного продукта и результатов исследований в проектных, эксплуатационных, научно-исследовательских и образовательных учреждениях различных городов России.

Следует особо отметить, что результаты, полученные Рафальской Т.А., используются в учебном процессе ведущих Российских вузов:

Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (СИБСТРИН); Казанском государственном энергетическом университете.

6. 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. Определены перспективы развития систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты.

Новый, обоснованный и практически значимый результат диссертационного исследования. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости корректировки существующих подходов к оценке рентабельности и технико-экономической эффективности систем транспорта теплоты.

Достоверность результатов исследования

Достоверность теоретических и практических результатов, полученных в результате диссертационного исследования, подтверждается применением фундаментальных законов термодинамики, методов термодинамического анализа и математического моделирования, сопоставимостью полученных данных с результатами исследований, проводимых другими авторами, использованием апробированных методик технико-экономического анализа, государственной регистрацией программ для ЭВМ.

Практическая значимость

Практическая ценность работы заключается в разработке и апробации методик расчета режимов работы систем теплоснабжения, внедрении разработанных программных продуктов. Получено три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты диссертационного исследования используются на теплоснабжающих предприятиях и в учебном процессе ряда высших учебных заведений России и Казахстана.

Практическое использование результатов исследования документально подтверждено актами и свидетельствами в приложении диссертации.

Замечания и вопросы

1. В параграфе 2.4 диссертации приведены сведения по численному моделированию теплообменника. При этом в качестве прототипа использован пластинчатый теплообменник определенной марки. Возможно ли разработанную модель использовать для анализа работы других теплообменных аппаратов и, в частности, кожухотрубных подогревателей, в том числе, с интенсификацией теплообмена?
2. Почему проверка адекватности разработанной модели теплообменника в параграфе 2.5 проводилась только на основе данных

одного исследования, проведенного другими авторами? Какова точность этих данных? Почему не использовались данные реальных объектов, например из системы теплоснабжения Новосибирска?

3. На стр. 136 диссертации в уравнении (3.5) и в пояснениях к нему указывается коэффициент J . Однако не совсем понятен его физический смысл, как он был получен и как зависит от режима работы теплообменника.

4. На стр. 165 диссертации приводится диапазон значений ряда характеристик теплового пункта, для которых получены расчетные зависимости температурных графиков. Коэффициент теплопотерь в циркуляционной линии систем горячего водоснабжения принят равным $K_1=0,2\div 0,35$. Не совсем понятно, как автор получил эти значения? Это расчетная или фактическая величина?

5. В параграфе 5.1 приведены результаты экспериментального исследования теплоустойчивости ограждающих конструкций. Из диссертации не совсем понятно, оценивалась ли погрешность данных, полученных экспериментально? Подтверждали ли результаты эксперимента натурными замерами?

6. Чем обусловлен рост температуры внутреннего воздуха на графике (рис. 5.26) в период с 96 до 168 ч при одновременном понижении температуры наружного воздуха в этот же период (линия 2 на рис. 5.22)?

7. Не совсем понятно, как изменялся режим подачи теплоты по часам в периоды, обозначенные на рис. 5.24?

8. На стр. 321 диссертации после уравнения (6.12) говорится о периоде времени, обозначенном z_4 . Однако отсутствует описание, характеристики этого периода и обозначение на рис. 6.9.

9. Почему автор в своей работе проводит исследование режимов работы только закрытой системы теплоснабжения, ведь доля открытых систем теплоснабжения в отечественном теплоснабжении довольно высока?

10. Может ли полная и качественная автоматизация тепловых пунктов решить проблемы совместной работы систем отопления и горячего водоснабжения в различных переменных режимах, о которых говорит в своих исследованиях автор?

11. На стр. 54 опечатка в наименовании рисунка. Судя по описанию, должен быть номер 1.30. Фактически указан номер 1.33.

Заключение

Сделанные замечания носят уточняющий характер и не снижают научной новизны и практической значимости работы.

Результаты диссертационного исследования Рафальской Татьяны Анатольевны довольно хорошо представлены в научно-технической печати: 13 печатных работ опубликовано в изданиях, включенных в международные базы научного цитирования Web of Science и SCOPUS, 24 работы – в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК, что соответствует требованиям п. 13. «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. N 842, редакция от 26.09.2022). Результаты исследований неоднократно докладывались автором на конференциях различного уровня.

Считаю, что поставленная соискателем цель в диссертационном исследовании достигнута, а выводы обоснованы. Диссертация Рафальской Татьяны Анатольевны «Разработка и совершенствование методов моделирования и расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения» является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, и отвечающей направлениям исследований специальности 2.4.6. – Теоретическая и прикладная теплотехника:

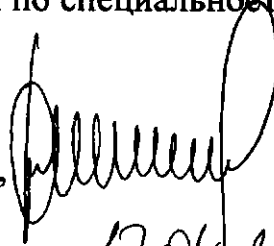
- научные основы повышения эффективности использования энергетических ресурсов в теплотехническом оборудовании и использующих теплоту системах и установках;

- оптимизация схем теплоэнергетических установок и систем для генерации и трансформации энергоносителей, в том числе, основанных на принципах их комбинированного производства. Совершенствование методов расчета тепловых сетей и систем теплопотребления с целью повышения их энергоэффективности.

Диссертация соответствует требованиям п. 9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 (ред. от 26.09.2022).

Рафальская Татьяна Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.6 – Теоретическая и прикладная теплотехника.

Официальный оппонент
Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»



Ротов
Павел Валерьевич

17.04.2023

Научные специальности: 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Адрес: 432027, ул. Северный Венец, 32, г. Ульяновск, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет»,
тел: (8422) 77-81-14, 77-81-15, 77-80-81, +79603729103,
e-mail: p.rotov@rambler.ru

Подпись Ротова Павла Валерьевича удостоверяю.
Проректор по научной работе
доктор технических наук



А. М. Наместников