

ОТЗЫВ

официального оппонента Лебедева Виталия Матвеевича
на диссертацию **Рафальской Татьяны Анатольевны**
на тему «Разработка и совершенствование методов моделирования
и расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения»
по специальности 2.4.6 – теоретическая и прикладная теплотехника
на соискание учёной степени доктора технических наук.

Актуальность темы диссертации определяется ключевыми проблемами энергосбережения в области теплоснабжения, стоящими перед нашей страной. Однако на протяжении последних десятилетий фиксируется неэффективное использование тепловой мощности. В частности, имеет место завышенная температура обратной воды в теплосети, невозможность в ряде случаев поддерживать необходимые высокотемпературные графики центрального регулирования. В результате приходится использовать графики со срезкой, возникает необходимость в переходе на низкотемпературное теплоснабжение, в применении других способов регулирования: количественного, качественно-количественного.

Для выяснения возможности систем теплоснабжения обеспечить требуемые параметры теплопотребляющих систем в этих условиях необходима разработка способов регулирования их работы в различных переменных режимах.

В существующих теориях расчет теплообменных аппаратов выполняется с использованием некоторых постоянных безразмерных комплексов, независимо от режима работы аппарата. Однако эти методики, имеют ограниченное применение. Все ещё практически отсутствуют методы расчета режимов работы связанных теплообменников, когда тепловые потоки перераспределяются между теплообменниками в зависимости от режима их работы. Нет и комплексных методов расчета, учитывающих совместную работу системы теплоснабжения и тепловую аккумуляцию помещений.

Таким образом, разработка методов расчета переменных режимов работы систем теплоснабжения с целью изучения возможности применения новых способов регулирования и выработки рекомендаций для более эффективной работы актуальна и имеет важное научное, практическое и социальное значение.

Основная идея диссертации заключается в совершенствовании теорий расчета теплообменных аппаратов, разработанных Е.Я. Соколовым, Н.М. Зингером и др., а также многими зарубежными исследователями и основанных на применении постоянных параметров теплообменников независимо от режима их работы. Автором диссертации не только определены пределы применимости этих теорий, но и получены новые формулы, описывающие изменение параметров теплообменников в различных режимах их работы. С помощью предложенных формул создан метод расчета переменных режимов работы теплообменных аппаратов, позволяющий выявить потенциал энергосбережения в существующих условиях, и что особенно важно, определить возможности и условия перехода на другие способы регулирования систем теплоснабжения.

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать разработанный диссертантом метод расчета переменных режимов работы тепловых пунктов, позволивший, в частности, рассмотреть особенности работы системы теплоснабжения при качественно-количественном регулировании тепловой нагрузки, поскольку качественно-количественный способ регулирования более эффективен с точки зрения энергосбережения, но ввиду сложности обеспечения требуемых режимов работы, как системы теплоснабжения в целом, так и систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителей, практически не получил распространения.

Ценность результатов также состоит в том, что в основном все известные исследования, посвященные возможности перехода на низкотемпературное теплоснабжение касались экономической составляющей – увеличения капитальных и эксплуатационных затрат в связи с увеличением расхода сетевой воды. Автором диссертационной работы показано, что помимо экономической составляющей такое теплоснабжение не будет эффективным и с теплотехнической точки зрения и предложены рекомендации по рациональному использованию тепловой мощности.

Несомненным достоинством является то, что при выводе формул для описания переменных параметров Φ теплообменных аппаратов диссертантом описаны все возможные режимы работы теплообменников тепловых пунктов при различных способах регулирования тепловой нагрузки. Также важным результатом является проведенный диссертантом анализ нормативной методики расчета площади теплообменников при связанной подаче теплоты, показавший, что даже в установочных условиях принимаются допущения,

которые не позволяют обеспечить оптимальный режим совместной работы систем отопления и горячего водоснабжения, что подтверждает необходимость точного расчета всех переменных режимов работы тепловых пунктов систем теплоснабжения.

Особенно важен комплексный подход в определении внутреннего теплового режима помещений, учитывающий совместную работу систем отопления, горячего водоснабжения и тепловую аккумуляцию помещений, поскольку разница температур внутреннего воздуха при работе источника тепла со сниженными параметрами теплоносителя, может составлять 5-10°C для зданий с различной величиной нагрузки горячего водоснабжения и имеющих разную тепловую аккумуляцию.

Важным результатом считаю разработанные диссертантом пакеты программ, позволяющие использовать все разработанные автором диссертации положения в процессе проектирования, эксплуатации тепловых сетей и обучении сотрудников и студентов. Следует отметить, что также предложены и достаточно простые инженерные методы расчета, позволяющие любому специалисту применять разработанные диссертантом методы при проектировании и эксплуатации тепловых сетей.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

1. Результаты определения пределов применимости существующих методов расчёта режимов работы теплообменных аппаратов, основанных на использовании постоянных безразмерных параметров, которые показали, что во многих важных ситуациях они приводят не только к количественным, но и к качественным ошибкам расчетов.

2. Предложенный метод численного расчёта режимов работы тепловых пунктов, особенностью которого является возможность определения всех характеристик группы теплообменников в условиях связанной подачи теплоты в зависимости от режима их работы.

3. Предложенные аналитические зависимости, описывающие изменение параметров теплообменников в переменных режимах работы, особенностью которых является возможность выполнять расчёты при недостаточных исходных данных. Созданный с их помощью инженерный метод расчёта переменных режимов работы систем теплоснабжения,

позволяющий существенно упростить проектные расчёты и сократить время их выполнения.

4. Предложенные 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.

5. Результаты исследования режимов работы системы теплоснабжения со связанной подачей теплоты при качественном и качественно-количественном регулировании тепловой нагрузки с учётом тепловой аккумуляции помещений с различными наружными ограждениями.

6. Результаты технико-экономического определения стоимости производства тепловой энергии для систем теплоснабжения со связанной подачей теплоты, показавшее перспективы развития систем теплоснабжения.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением методов исследования, основанных на фундаментальных законах технической термодинамики, методах вычислительной математики, математической статистики, теории вероятности, теории теплообмена. Верификация разработанного в диссертации метода выполнялась с использованием современных программных комплексов. Во всех случаях полученные расчётные данные систематически сопоставлялись с известными в литературе и с данными лабораторных и натурных экспериментов и достаточно хорошо с ними согласуются. Разработанные автором компьютерные программы имеют государственную регистрацию.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 458 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 367 страницах основного текста и 80 страницах приложений и содержит 277 рисунков и 26 таблиц.

По теме диссертации автором опубликовано более 80 работ, 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.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания:

1. В разделе «Научная новизна» автор пишет, что определение пределов применимости существующих методов расчёта режимов работы теплообменных аппаратов, основанных на использовании постоянных параметров теплообменников, метод численного расчёта режимов работы тепловых пунктов со связанной подачей теплоты, аналитические уравнения расчёта температурных графиков регулирования теплообменников двухступенчатых схем тепловых пунктов были предложены впервые. В то же время диссертант ссылается на целый ряд работ таких известных ученых как Е.Я Соколов, Н.М. Зингер, В.К. Дюскин, Е.П. Шубиным, Н.К. Громов, А.А.Ионин, А.П. Сафонов, Н.Н. Чистяков и многих современных исследователей, занимающихся вопросами оптимизации теплогидравлических режимов систем теплоснабжения. На наш взгляд, было бы правильнее акцентировать внимание на отличия предложенных методов расчета от существующих.

2. Не очень понятно, в каких условиях реализуется работа теплообменника в режимах III – при постоянной температуре греющего теплоносителя и уменьшающейся с ростом тепловой мощности температуре нагреваемого теплоносителя и VIII – при уменьшающихся температурах греющего и нагреваемого теплоносителей с ростом тепловой мощности (*параграф 1.4*, с. 65-66).

3. При описании расчетных (установочных) характеристик системы отопления сказано, что описанные формулы применимы только для расчёта режимов работы систем теплоснабжения в течение отопительного периода при максимальном водопотреблении в системе горячего водоснабжения. Однако по приведенным формулам рассчитываются температуры воды и требуемая тепловая мощность системы отопления без учета влияния работы системы горячего водоснабжения (*параграф 2.6*, с. 116).

4. Какими причинами можно объяснить тот факт, что рассчитывая теплообменники в тепловом пункте на худшие условия работы – в точке излома температурного графика (для горячего водоснабжения), т.е. подбирая площади теплообменников на соответствующие расходы и температуры теплоносителей, при низкотемпературном теплоснабжении не удастся обеспечить требуемый температурный режим помещений (*главы 4, 5*)?


Общее заключение по диссертации

Отмеченные замечания совершенно не снижают качество исследований, теоретические и практические выводы. Как официальный оппонент, я даю высокую оценку представляемой к защите работе.

Диссертация Рафальской Татьяны Анатольевны соответствует специальности 2.4.6 – теоретическая и прикладная теплотехника, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании предложенных автором методов расчёта и результатов моделирования разработаны основные положения о возможности и условиях перехода на новые способы регулирования систем теплоснабжения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное значение для народного хозяйства страны.

Диссертация соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Рафальская Татьяна Анатольевна достойна присуждения учёной степени доктора технических наук.

Профессор кафедры теплоэнергетики
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Омский государственный
университет путей сообщения»,
доктор техн. наук, профессор,
заслуженный энергетик РФ

 В. М. Лебедев

Подпись профессора Лебедева Виталия Матвеевича
удостоверяю:

Начальник отдела кадров и
правового обеспечения ОмГУПС
17.04.2023 г.





О. Н. Попова

Почтовый адрес: 644046, Россия, Омская область, город Омск, проспект Маркса, дом 35, 3 корпус, ауд. 109.

Телефон: +7 (3812) 31-06-23.

Эл. адрес: vmlebedevomgups@mail.ru