

## ОТЗЫВ

официального оппонента Круглова Геннадия Александровича на диссертационную работу Гавей Ольги Федоровны «Исследование особенностей и управление функционированием систем низкотемпературного теплоснабжения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

**Актуальность темы исследований.** Задача повышения эффективности систем теплоснабжения является традиционной проблемой энергетики в течение всего периода ее существования. К настоящему времени основные принципы и технические подходы в данной области знаний достаточно глубоко проработаны и апробированы на практике. Вместе с тем в современных условиях энергетическая эффективность системам теплоснабжения в ряде случаев не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Определяется это в основном несоответствием расчетных и фактических режимов работы систем, порождаемой, как правило, изношенностью оборудования, а также его разрегулировкой и низким уровнем автоматизации. В нашей стране для прошлого столетия высокотемпературный график регулирования процесса теплоснабжения являлся определяющим. В западной Европе осуществляется переход к низкотемпературному теплоснабжению. Учитывая вышеизложенное, целесообразно данный подход апробировать в наших условиях, поэтому тему диссертационной работы Гавей О.Ф., посвященную исследованию и совершенствованию управления системами низкотемпературного теплоснабжения следует признать вполне актуальной.

**Анализ новизны и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научная новизна диссертационной работы заключается в научно-техническом обосновании алгоритмов управления гидравлическими режимами систем теплоснабжения при снижении температуры теплоносителя, алгоритмов оптимального управления температурой и расходом теплоносителя с целью минимизации потерь теплоты при его транспортировке и затрат электрической энергии на его перекачку, а также рекомендаций по оптимальному качественно-количественному управлению теплоснабжением для конкретных условий.

Достоверность научных и практических результатов работы обусловлена применением методик и методов расчета, основанных на законах теплообмена и гидравлики, корректным использованием научных положений современной теории управления, теории нелинейного программирования, апробированных методик обработки результатов промышленных экспериментов и технико-экономического анализа, сопоставимостью результатов расчетов с известными данными, понятной физической интерпретацией полученных результатов.

**Практическую значимость** диссертационной работы составляют следующие результаты: алгоритмы управления расходом теплоносителя при снижении его температуры; алгоритмы качественно-количественного регу-

лирования процесса теплоснабжения, минимизирующие потери теплоты при транспортировке теплоносителя и расход электрической энергии на его перекачку, а также методика оценки реальных теплотехнических свойств объекта теплоснабжения по экспериментальным данным. Указанные результаты разработаны в инженерной постановке и могут применяться в инженерной практике.

Практическая значимость работы заключается также в использовании ее результатов в системах теплоснабжения ОАО «ММК», а также и в учебном процессе ЮУрГУ.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.** Выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертационной работе, могут быть использованы проектными и эксплуатационными энергетическими предприятиями для совершенствования существующих и разработки новых автоматизированных систем теплоснабжения.

Результаты исследования полезны для внедрения в учебный процесс по направлениям 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 08.04.01 «Строительство» и 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

#### **Оценка структуры, содержания диссертации, ее завершенность.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 119 наименований, в том числе 6 иностранных источников и восьми приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, кратко описывается текущая ситуация в области теплоснабжения, формулируется цель исследования, приводится постановка задачи, краткая характеристика научной новизны работы, а также положения, выносимые на защиту, указывается практическая значимость работы и ее апробация.

В первой главе приводится достаточно подробный обзор и анализ состояния изучаемой проблемы и развернутое обоснование основных задач диссертации.

Во второй главе проектно-расчетными методами оценивались характерные особенности систем теплоснабжения и отопления при различных вариантах графиков регулирования отпуска теплоты. Определялась пригодность трех температурных графиков регулирования процесса теплоснабжения: «150-70 °С», «110-70 °С» и «90-60 °С» для различных вариантов воздухообмена и теплозащитных характеристик зданий. Установлено, что существует оптимальная температура теплоносителя, при которой тепловые потери теплопроводов минимальны. Данный вывод справедлив как для изолированных, так и для неизолированных теплопроводов. Установлено также, что существует разумный предел снижения температуры теплоносителя, при дальнейшем снижении температуры эффективность теплоснабжения существенно снижается из-за увеличения тепловых потерь, обусловленного увеличением площади поверхности теплопроводов, а также и из-за увеличения расхода электрической энергии на перекачку теплоносителя.

В третьей главе разработаны алгоритмы управления расходом теплоносителя в зависимости от степени снижения его температуры. Определен диапазон снижения температуры теплоносителя, при котором потребителю расходом может быть доставлено требуемое количество теплоты. Указано, что если температура теплоносителя снижается на большую величину, то задача теплоснабжения не может быть выполнена в полном объеме, в этом случае необходима перекладка тепловой сети. В связи с этим в работе определены соотношения, необходимые для определения требуемых изменений диаметров теплопроводов, для оценки удельных потерь давления и изменений тепловых потерь и расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя при снижении его температуры. Эти соотношения могут быть использованы для реализации такой функции системы автоматизации, как поддержка принятия решений организационно-технологического характера.

В четвертой главе решена задача управления температурой и расходом теплоносителя по критерию минимума затрат электрической энергии на перекачку и сокращения тепловых потерь при его транспортировке, полученное решение может быть использовано для любой сети, независимо от того, какой она является, старой или новой. Нужно только использовать ее конкретные характеристики. Задача решена как без, так и с учетом характеристик теплопотребляющего оборудования объекта теплоснабжения. При этом, как это общепринято, объект теплоснабжения представлялся эквивалентным отопительным прибором, его параметры определялись методом наименьших квадратов, т.е. решалась задача параметрической идентификации. Необходимые для этого реальные экспериментальные данные взяты из АСДУ (автоматизированной системы диспетчерского управления) ОАО «ММК». При этом диссертантом обоснованно установлено, что минимизация тепловых потерь при транспортировке теплоносителя и затрат электрической энергии на его перекачку возможна только при применении качественно-количественного метода регулирования. Этот вывод является важным и новым.

В работе произведен расчет экономического эффекта от внедрения полученных решений, а также проведена опытная проверка режима оптимального управления.

В целом, работа имеет достаточно логичную структуру, результаты исследований доказательны. Содержащиеся в диссертации материалы: рисунки, таблицы, аналитические зависимости, приложения – позволяют в деталях проследить и оценить обоснованность полученных результатов.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. Цель редакционно отличается в текстах диссертации и автореферата.
2. При формулировании цели не акцентировано низкопотенциальное теплоснабжение, о чем заявлено в названии.

3. Первая глава не структурирована, слишком велика по объему и не вполне доказывает заявленную актуальность работы, но это не исключает необходимость работы исходя из необходимости апробации подхода в наших условиях.
4. В работе не определена граница низкотемпературного теплоснабжения. На рис.2.7 – 2.11 графики свидетельствуют в пользу температуры теплоносителя от 90 до 150 градусов по Цельсию, а это не низкотемпературное теплоснабжение. На рис.1 и2 автореферата показаны минимумы теплопотерь в неизолированной сети при температуре теплоносителя 100 градусов по Цельсию, а в теплоизолированной – 120 градусов, а это не низкотемпературное теплоснабжение.
5. На рис.1 приведена схема параллельного подключения отопления и ГВС. Для жилых административных зданий при отношении тепла на ГВС к теплу на отопление до 0,2 рекомендуется схема последовательная **предвключенная**.
6. В тексте имеет место неточная трактовка терминов: с.9 – теплоснабжение это не система, а процесс обеспечения теплом потребителей с помощью системы; теплофикация это не источник тепла, а процесс « централизованного снабжения домов, предприятий теплом, полученным от комбинированной выработки электроэнергии и теплоты» (Ожегов) График регулирования тепловой нагрузки это не характеристика системы управления и др.
7. Имеется некоторая редакционная недоработка текста: на с 10 автореферата «строка 10 сверху» не отмечен знак коэффициента лучистой теплоотдачи; на с.30 в табл.1.2 «небольшой диаметр теплопровода» все-таки достоинство или недостаток?; на с.19 «3-й абзац» слово «недостааточно» следует писать слитно и др.

Основное содержание диссертации достаточно полно опубликовано в научной литературе. Содержание автореферата соответствует основным результатам работы и дает полное представление о научных и прикладных достижениях диссертанта. В целом, в работе есть достаточная для кандидатской диссертации новизна в решении задач управления низкотемпературным теплоснабжением и практическая значимость.


### Заключение

Диссертационная работа Гавей О.Ф. «Исследование особенностей и управление функционированием систем низкотемпературного теплоснабжения» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно и соответствует требованиям паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность). Приведенные научные результаты и выводы отражают решение актуальной задачи управления низкотемпературным теплоснабжением. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Гавей Ольга Федоровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 — Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, ст. научный сотрудник,  
профессор кафедры тепловодогазоснабжения  
сельского хозяйства института агроинженерии  
Южно-Уральского государственного аграрного  
университета Тел. 8.912.324.25.20.

 Г.А.Круглов

Институт агроинженерии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

Адрес: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75.

Телефон: -3512666530

