

УДК 697.34

С. И. МОНАХ, Д. В. ВЫБОРНОВ, В. В. ПОПОВИЧ

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. ЗУГРЕСА

Аннотация. В данной работе рассматриваются задачи повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения путем оптимизации тепловых и гидравлических эксплуатационных режимов. Рассмотрены вопросы разработки, управления, контроля и анализа теплогидравлических режимов на примере системы централизованного теплоснабжения города Зугреса. Отражены результаты проведенных исследований, на основании которых рекомендованы теплогидравлические режимы отдельных частей системы теплоснабжения города, а также способы оперативного централизованного регулирования тепловых режимов с учетом динамических свойств системы централизованного теплоснабжения.

Ключевые слова: теплогидравлический режим, тепловая сеть, оптимизация систем теплоснабжения, горячее водоснабжение, тепловая нагрузка.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В нашем регионе сохраняется высокий уровень централизации теплоснабжения. Теплоснабжение городских населенных пунктов обычно обеспечивается такими тепловыми источниками, как котельные или теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) различной мощности. Неэффективный процесс теплоснабжения приводит к огромному перерасходу энергетических, материальных и финансовых ресурсов, претензиям потребителей тепла. В условиях постоянного увеличения цен на энергоносители эффективное использование энергетических ресурсов стало одним из самых актуальных и приоритетных направлений государственной политики. Эффективность функционирования систем централизованного теплоснабжения во многом зависит от режимов работы тепловых сетей и систем теплопотребления. Поэтому задача оптимизации режимов, проведения наладки и регулирования тепловых и гидравлических режимов в сложных системах крупных городов является весьма актуальной.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Зугрэс – город районного значения. Расположен в центральной части Донецкой области на реке Крынке (приток Миуса), в 12 км к юго-востоку от Харцызска. В административном отношении город также подчиняется Харцызску.

Теплоснабжение всей старой части города Зугреса обеспечивается Зуевской экспериментальной ТЭЦ (ЗуЭТЭЦ). Присоединенная нагрузка на горячую воду составляет 36 % от полной нагрузки на теплоснабжение (59,8 МВт). При этом выработка тепловой и электрической энергии осуществляется по комбинированному циклу.

Проблема вызвана тем, что до сих пор теплоснабжение старой части города Зугрэс осуществляется от ЗуЭТЭЦ, оборудование которой морально и физически устарело и не может гарантировать стабильное теплоснабжение жилых домов и объектов социальной сферы в течение отопительного периода.

Протяженность магистральных тепловых сетей в городе составляет 3,8 км тепловых сетей (в однотрубном исчислении) средним диаметром 250 мм. При этом полностью отсутствуют тепловые пункты, т. к. горячее водоснабжение осуществляется по открытой схеме, что добавляет сложности в

регулировании тепловой нагрузки, а также увеличивает нагрузку на цех водоподготовки ЗуЭТЭЦ. Системами автоматического регулирования отопительно-вентиляционной нагрузки и ГВС потребители не оснащены.

Схема тепловых сетей от тепловых источников характеризуется своей сложностью, а именно: схема теплоснабжения тупиковая, большой перепад геодезических отметок источника и конечного потребителя (около 40 м), низкая резервируемость. Тепловой источник работает по расчетному температурному графику 95/70 °С.

ЦЕЛЬ

Целью данной статьи является анализ путей оптимизации схемы теплоснабжения старой части г. Зугрэса, что давно является острой проблемой. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства республики поручило ученым академии разработать оптимизированную схему теплоснабжения и предложить рекомендации по предпроектным решениям.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Оптимизация режимов работы тепловых сетей относится к организационно-техническим мероприятиям, не требующих значительных финансовых затрат на внедрение, но приводящая к значительному экономическому результату и снижению затрат на топливно-энергетические ресурсы. Разработка оптимальных тепло-гидравлических режимов тепловых сетей г. Зугрэса и мероприятий по их организации выполнялась в следующей последовательности.

Произведен сбор и проверка исходных данных. В результате обследования выявлены фактические эксплуатационные режимы, уточнен тип и состояние оборудования системы теплоснабжения, определены характер и величина тепловых нагрузок. На объекте проведен тщательный осмотр всех тепловых камер и абонентских вводов. Выполнены инструментальные измерения расхода и параметров теплоносителя по основным магистралям и ответвлениям, уточнены характеристики нестандартного оборудования и геометрические параметры тепловых сетей.

Достижение оптимальных гидравлических и тепловых режимов в тепловых сетях и системах теплоснабжения города можно обеспечить корректным потокораспределением для поддержания заданного температурного режима у потребителей тепловой энергии. Важной задачей оптимизации режимов работы тепловых сетей является регулирование отпуска теплоты в системах теплоснабжения для поддержания комфортной температуры в отапливаемых помещениях при изменяющихся на протяжении всего отопительного периода при имеющихся внешних климатических условиях и постоянной температуре воды, поступающей в систему горячего водоснабжения. Выполнение этого условия является одним из критериев оценки эффективности системы.

Оптимизация теплогидравлических режимов и эффективность работы системы централизованного теплоснабжения во многом зависит от применяемого метода регулирования тепловой нагрузки. Основные способы регулирования могут быть определены из анализа совместного решения уравнений теплового баланса нагревательных приборов и уравнения теплопередачи по общеизвестным формулам [3, 4] и зависят от: температуры теплоносителя; расхода теплоносителя; коэффициента теплопередачи; площади поверхности теплообмена.

Централизованное регулирование от тепловых источников возможно осуществлять путем изменения двух величин: температуры и расхода теплоносителя. В целом регулирование отпуска тепловой энергии может осуществляться тремя способами:

- качественным, заключающимся в регулировании отпуска тепловой энергии путем изменения температуры теплоносителя на входе в прибор при сохранении постоянным количества расхода теплоносителя, подаваемого в регулируемую установку;
- количественным, заключающимся в регулировании отпуска теплоты путем изменения расхода теплоносителя при постоянной температуре на входе в регулируемую установку;
- качественно-количественным, заключающимся в регулировании отпуска теплоты путем одновременного изменения расхода и температуры теплоносителя.

Для поддержания комфортных условий внутри зданий регулирование должно быть минимум двухуровневым: централизованное (на источниках тепла) и местное (на тепловых пунктах).

В г. Зугрэсе централизованное регулирование является единственным видом управления и осуществляется в основном по нагрузке отопления путем изменения температуры теплоносителя в подающих трубопроводах в зависимости от метеорологических параметров, прежде всего от температуры наружного воздуха при условно постоянном расходе теплоносителя.

Широко используемый в практике график качественного регулирования отопительной нагрузки показывает зависимость температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах в зависимости от температуры наружного воздуха. Расчет графика производится по общеизвестным формулам, которые выводятся из уравнения баланса нагревательного прибора при расчетных и других температурных условиях [3, 7, 8].

Данные методики расчета температурных графиков центрального регулирования изначально разрабатывались для задач проектирования систем теплоснабжения, поэтому в них принят ряд допущений и упрощений, в частности условие стационарности процессов теплообмена. В действительности все теплообменные процессы, происходящие в элементах системы теплоснабжения, нестационарные, и эта особенность должна быть учтена при анализе и регулировании тепловой нагрузки. Однако на практике эта особенность не учитывается, и проектные графики используются при эксплуатации и оперативном управлении.

В соответствии с действующими нормативными документами [10] регулирование тепловой нагрузки предусматривается путем изменения температуры теплоносителя в подающей линии в соответствии с утвержденным для системы теплоснабжения температурным графиком, заданной по усредненной температуре наружного воздуха за промежуток времени в пределах 12...24 ч, определяемый диспетчером тепловой сети в зависимости от длины сетей, климатических условий и других факторов. Несмотря на достаточно простую формулировку пункта в данных правилах, данная задача является чрезвычайно сложной в условиях неопределенности внешних факторов, сложности схемы теплоснабжения, прогнозных данных с учетом фактического состояния оборудования систем централизованного теплоснабжения, в первую очередь тепловых сетей.

Увеличение расходов теплоносителя увеличивает наличие утечек. Поэтому данное регулирование возможно в условиях достаточности гидравлической устойчивости и резерва по оборудованию в перекачивающих насосных станциях.

Также следует отметить, что систематическое снижение температуры в подающих трубопроводах приводит к увеличению расходов теплоносителя с последующей разрегулировкой всей системы теплоснабжения.

Таким образом, разработку диспетчерского графика и централизованное регулирование отпуска тепла необходимо вести с учетом динамических характеристик системы теплоснабжения, аккумулирующих способностей зданий и переменности внешних и внутренних воздействий.

Увеличение периода регулирования до 24–48–72 ч и более в определенных пределах изменения внешних и внутренних воздействий практически не влияет на качество теплоснабжения потребителей, что дает возможность эксплуатировать оборудование в «мягком» режиме.

Оперативное регулирование с учетом вышеуказанных особенностей приводит к:

- 1) уменьшению вероятности повреждений трубопроводов и повышение надежности;
- 2) повышению экономичности:
 - при производстве энергии за счет разности приростов расхода топлива на выработку энергии на ТЭЦ при разных температурах теплоносителя;
 - при транспорте и распределении тепловой энергии за счет разности прироста тепловых потерь трубопроводами при разных температурах теплоносителя;
- 3) снижению количества пусков-остановок основного теплогенерирующего оборудования, что также повышает надежность и экономичность.

Основным критерием оптимизационной задачи при разработке тепловых и гидравлических режимов и перераспределения тепловых нагрузок является снижение затрат на производство и транспортировку тепловой энергии при имеющихся технологических ограничениях. К последним можно отнести: располагаемые мощности и характеристику оборудования тепловых источников, пропускную способность тепловых сетей и характеристики оборудования перекачивающих насосных станций, допустимые рабочие параметры систем теплоснабжения и т. д.

В городе Зугресе, в результате расчетно-аналитических исследований по оптимизации режимов функционирования тепловых сетей, проведенными работникам академии совместно с представителями местной исполнительной власти, планируется улучшить качество теплоснабжения потребителей и повысить эффективность всей системы централизованного теплоснабжения путем проведения следующих мероприятий:

- 1) сократить излишние расходы топлива за счет установки нового, гораздо более эффективного теплогенерирующего оборудования;
- 2) сократить расходы электроэнергии на перекачку теплоносителя на 40 % за счет применения новых энергоэффективных насосов;

3) сократить расходы топлива на выработку электроэнергии на ЗуЭТЭЦ за счет приведения в норму и снижения температуры обратной сетевой воды;

4) полностью исключить работу систем теплоснабжения «на сброс» по причине недостаточных располагаемых напоров;

5) сократить расходы подпиточной воды за счет отказа от открытой системы теплоснабжения;

6) полного перевода систем теплоснабжения на индивидуальные в тех случаях для тех многоквартирных домов, где услугами централизованного теплоснабжения пользуются единичные потребители;

7) устройство тепловых пунктов для приготовления горячей воды с помощью современных пластинчатых теплообменных аппаратов в непосредственной близости от потребителей (в подвальных помещениях).

По данным проведенных натурных исследований износ теплогенерирующего оборудования г. Зугреса составляет около 80...90 % и продолжает увеличиваться из-за сложностей в регулировании открытой системы теплоснабжения. Осуществлены теплогидравлические расчеты с составлением перечня наладочных мероприятий, в том числе рекомендованы регулирующие устройства для каждого теплового пункта.

Также рекомендуется три варианта по модернизации системы теплоснабжения для технико-экономической оценки инвестиций.

Первый вариант заключается в модернизации ТЭЦ в теплогенерирующую установку, работающую на существующую тепловую сеть с параметрами 95/70. Недостатком в данном случае являются заниженные скорости движения теплоносителя, что приведет к остыванию теплоносителя у конечного потребителя.

Второй вариант состоит в том, что модернизируемая в теплогенерирующую установку ТЭЦ обеспечивает теплоносителем с параметрами 95/70 потребителей посредством тепловой сети с оптимизированными диаметрами. Однако при данном сценарии необходимы значительные капитальные затраты на замену тепловых сетей.

Согласно третьему варианту теплоснабжение осуществляется от новой теплогенерирующей установки по имеющимся тепловым сетям, но с параметрами теплоносителя 85/70. Эта стратегия является наиболее выигрышной, т. к. практически соблюдается необходимый скоростной режим при существующих тепловых сетях. Недостатком данного варианта будет работа котлоагрегатов с неполной тепловой нагрузкой, что приведет к снижению эффективности использования сжигаемого топлива. Однако даже в этом случае система теплоснабжения после термомодернизации будет гораздо более эффективна по сравнению с исходной ситуацией.

ВЫВОДЫ

В данной работе показана возможность повышения эффективности водяных систем централизованного теплоснабжения за счет оптимизации тепловых и гидравлических режимов. Оптимизация режимов работы тепловых сетей относится к организационно-техническим мероприятиям, которая не требует значительных финансовых затрат на внедрение, но приводит к значительному экономическому результату и снижению затрат на топливно-энергетические ресурсы. Поддержание оптимальных режимов возможно только при соблюдении температурных режимов. Разработку диспетчерского графика и централизованное регулирование отпуска тепла необходимо вести с учетом динамических характеристик системы теплоснабжения, аккумулирующих способностей и переменности внешних и внутренних воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения [Текст] / Б. В. Яковлев. – М. : Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.
2. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления [Текст] / С. А. Чистович, В. К. Аверьянов, Ю. Я. Темпель, С. И. Быков. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 248 с.
3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов [Текст] / Е. Я. Соколов. – 7-е изд., стереот. – М. : Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
4. Методические рекомендации по оптимизации гидравлических и температурных режимов функционирования открытых систем коммунального теплоснабжения [Текст] / ЗАО «Роскоммунэнерго», Российская Ассоциация «Коммунальная Энергетика» им. Э. Хижя. – М. : ЗАО «Роскоммунэнерго», 2005. – 52 с.

5. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети [Текст]. – Взамен СНиП 2.04.07-86* ; ввод в действие с 1 сент. 2003 г. – СПб. : Деан, 2004. – 95 с. – (Безопасность труда в России / Гос. ком. Рос. Федерации по стр-ву и жил.-комму. комплексу (Госстрой России)). – ISBN 5-93630-406-X.
6. Трубопроводные системы энергетики: Управление развитием и функционированием [Текст] / Н. Н. Новицкий, Е. В. Сеннова, М. Г. Сухарев [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2004. -461 с.
7. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей [Текст] : Справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 432 с.
8. Николаев, А. А. Проектирование тепловых сетей: справочник проектировщика [Текст] / А. А. Николаев. – М. : Высш. шк., 1965. – 360 с.
9. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]. – Введ. в действие с 01.01.2004. – СПб. : Изд-во ДЕАН, 2004. – 142 с. – (Безопасность труда России / Гос. ком. Рос. Федерации по стр-ву и жил.-комму. комплексу (Госстрой России)). – ISBN 5-93630-425-6.
10. Правила технической эксплуатации тепловых установок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации от 24.03.2003 № 115. – СПб. : Издательство ДЕАН, 2003. – 256 с.

Получено 08.10.2017

С. І. МОНАХ, Д. В. ВИБОРНОВ, В. В. ПОПОВИЧ
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ
ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ М. ЗУГРЕСА
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У даній роботі розглядаються питання підвищення ефективності систем централізованого теплопостачання шляхом оптимізації теплових і гідравлічних експлуатаційних режимів. Розглянуто питання розроблення, управління, контролю і аналізу теплогідравлічних режимів на прикладі системи централізованого теплопостачання міста Зугреса. Відображено результати проведених досліджень, на підставі яких рекомендовані теплогідравлічні режими окремих частин системи теплопостачання міста, а також способи оперативного централізованого регулювання теплових режимів з урахуванням динамічних властивостей системи централізованого теплопостачання.

Ключові слова: теплогідравлічний режим, теплова мережа, оптимізація систем теплопостачання, гаряче водопостачання, теплове навантаження.

SVETLANA MONAKH, DMITRY VYBORNOV, VITALY POPOVICH
RESEARCH OF THERMAL-HYDRAULIC OPERATION MODES OF THE
DISTRICT HEATING SYSTEM IN ZUGRES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this paper, we consider the problems of increasing the efficiency of district heating systems by optimizing the thermal and hydraulic operating conditions. The issues of development, management, control and analysis of thermal and hydraulic regimes are considered on the example of the centralized district heating system in the city of Zugres. The results of the research have been carried out on the basis of which the heat and hydraulic regimes of some parts of the city's heat supply system are recommended, as well as the methods of operative centralized regulation of thermal regimes, taking into account the dynamic properties of the district heating system, are reflected.

Key words: thermo hydraulic mode, thermal network, optimization of heating systems, hot water, heat load.

Монах Светлана Игоревна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения при внедрении теплонасосных и когенерационных технологий производства энергоносителей.

Выборнов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения, использование теплонасосных технологий.

Попович Виталий Валерьевич – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергосбережение в системах теплоснабжения.

Монах Світлана Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання при впровадженні теплонасосних та когенераційних технологій виробництва енергоносіїв.

Выборнов Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання, використання теплонасосних технологій.

Попович Віталій Валерійович – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання.

Monakh Svetlana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in heat supply systems with introduction of heat pump and cogeneration technologies of energy carry production.

Vybornov Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat supply with usage of heat pump technologies.

Popovich Vitaly – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy saving in heat supply systems.