

УДК 621.311.22

**О. Е. Куприянов, В. В. Маккавеев**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ТИПОВ,  
ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПРОИЗВОЛЬНЫЕ ГРУППЫ  
НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АБОНЕНТОВ**

*В статье реферативно рассмотрены основные аспекты модельных исследований эффективности централизованного теплоснабжения. Разработанные вычислительные модели позволяют корректно оценивать тепло- и потокораспределение в разветвленных тепловых сетях большой протяженности. На их основе исследованы возможности совершенствования режимов отпуска тепла в существующих системах теплоснабжения.*

**Ключевые слова:** *Эффективность, централизованное теплоснабжение, вычислительные модели*

**Oleg E. Kupriyanov, Vyacheslav V. Makkaveev. IMPROVEMENT OF DISTRICT HEATING SYSTEMS OF OPEN AND CLOSED TYPES, SERVICING THE ARBITRARY GROUPS OF NON-AUTOMATED ABONENTS (Chita State University, Trans-Baikal State University)**

*The article describes the main aspects of the abstract model studies of the efficiency of district heating. The developed computational models can correctly evaluate the thermal and flow distribution in the branched long-haul heat networks. On this basis, investigated the possibility of improving of the modes of heat of existing heating systems.*

**Keywords:** *Efficiency, district heating, computational models*

Современное состояние отечественных систем централизованного теплоснабжения характерно значительным износом основного и вспомогательного оборудования, как правило, сверхнормативными тепловыми потерями через изоляцию и также неоправданно высокими утечками теплоносителя через разного рода неплотности в трубных поверхностях и элементах запорно-регулирующей арматуры.

Не менее остро стоит проблема несовершенства режимов отпуска и потребления тепловой энергии, доля завышения количества потребления в

ряде случаев превышает уровень 30% от всего объема транспортируемого тепла.

Сегодня мы переживаем в отечественной энергетике последствия системного экономического кризиса 90-х годов, локально усугубленные современными непростыми финансовыми условиями. Длительное отсутствие инвестиций в российскую тепловую энергетiku неизбежно привело к многофакторному обветшанию основного и вспомогательного тепловых электростанций. Это естественно коснулось и значительной части теплофикационного оборудования.

Неравномерность количества потребляемого совокупностью абонентов тепла в отдельные периоды суток всецело зависит, конечно, от погодных условий в текущий период (изменение частных и общей, суммарной тепловой нагрузки), от времени суток (утро, день, вечер, ночь), когда наряду с отопительной меняются как нагрузка ГВС, так и промышленная тепловая нагрузка. К слову сказать, промышленная нагрузка сегодня не всегда сбалансирована по времени суток с другими видами тепловой нагрузки. Часто пик промышленного теплопотребления приходится на неночное время, когда совокупная нагрузка систем горячего водоснабжения района теплопотребления также вблизи максимума.

Относительно большая удаленность групп потребителей тепла от централизованного источника всегда была негативной стороной этого способа предоставления услуги теплоснабжения. Имеются ввиду значительные капитальные и эксплуатационные затраты, относительно высокие потери тепла через стенку трубопровода и изоляцию, вероятность повышенных утечек теплоносителя через возможные неплотности, плюс не вчера возникшие проблемы прокладки трубопроводов в стесненных условиях городской инфраструктуры. Следует также рассмотреть ряд вопросов влияния инерционности протяженных магистралей и разводящих систем транспортировки теплоносителя на качество работы станционных сетевых водоподогревателей. Как известно, скорость движения теплоносителя в трубопроводах тепловой сети как правило не превышает 1-2 м/с. Удаленность потребителей тепла от его источника (правильнее определять ее вдоль трассы теплопровода) в ряде случаев - не меньше 20-30 км (известны случаи - до 35 км при двухтрубной системе). Соответственно, время транспортировки некой условной порции теплоносителя от источника к конечному потребителю - 1—3 часа.

Поскольку в отечественных системах централизованного теплоснабжения практически повсеместно отсутствует как местное, так и групповое регулирование отпуска теплоты, то соответственно с суточным графиком тепловой нагрузки ГВС меняется температура обратной сетевой воды после

абонентов, но до источника теплоснабжения эти изменения доходят с запаздыванием, которое определяется инерционностью тепловой сети.

В системах централизованного теплоснабжения РФ наибольшее распространение нашли зависимые закрытые системы со струйными насосами, а также зависимые открытые системы с постоянными гидравлическими сопротивлениями на вводе вместо регуляторов расхода (РР).

Эффективность существующих систем централизованного теплоснабжения можно существенно повысить внедрением технологий оптимизации отпуска теплоты от источника теплоснабжения с учетом функционирования тепловых сетей и потребителей тепловой энергии. Данный способ снижения себестоимости производства тепловой энергии представляет собой функционал определения такого графика отпуска теплоты, когда все потребители обеспечены необходимым количеством теплоты на отопление и горячее водоснабжение. При этом сам график отпуска теплоты экономически наиболее выгоден производителю тепла. Рационализация графиков регулирования тепловой нагрузки относится к разряду беззатратных методов повышения конкурентоспособности предприятий энергетики и поэтому может считаться одним из приоритетных направлений их развития.

Нами разработаны математические модели открытой и закрытой тепловых сетей централизованного теплоснабжения, основанные на системах нелинейных уравнений из условия соблюдения законов сплошности и сохранения энергии. Моделирование позволяет учесть в совокупности большое количество характеристик тепловой сети, внешние воздействующие на тепловую сеть факторы, конфигурацию сети, взаимовлияние потребителей теплоты друг на друга и др.

Нами предложена методика учета потерь теплоты в теплосети и инерционного запаздывания теплоносителя, основанная на решении систем линейных алгебраических уравнений, составляемых на основе анализа графа тепловой сети. Данная методика является составной частью комплексной математической модели тепловой сети и позволяет осуществлять расчет температуры прямой сетевой воды на входе в систему отопления каждого потребителя тепловой энергии.

Нами скорректированы классические вычислительные характеристики гидравлического и теплового состояния сети при заданном напоре на коллекторах источника теплоснабжения и температуре подаваемой сетевой воды.

Разработана методика расчета напора теплоносителя на источнике теплоснабжения при заданной температуре подачи от него, целевая функция- обеспечение определенного потребителя тепловой энергии расчетным расходом теплоты на отопление и горячее водоснабжение в сутках.

В ходе модельных расчетов определяется наихудший (наименее обеспеченный количеством тепла) потребитель тепловой энергии при заданной температуре наружного воздуха, для любого времени суток, в реальном диапазоне изменения температуры подачи от источника теплоснабжения. Предложена методика расчета наихудшего абонента с учетом инерционности изменения параметров теплоносителя в магистральных и разводящих тепловых сетях.

Предложен алгоритм учета перегрева наихудших абонентов тепловой сети при выборе суточного графика регулирования отпуска теплоты от источника теплоснабжения путем расчета поправок к значениям напоров теплоносителя на источнике с качественно-количественным регулированием.

Предложена методика выбора оптимального суточного графика отпуска теплоты от источника теплоснабжения при качественно-количественном регулировании открытых и закрытых систем, которая учитывает в качестве граничного условия гарантию обеспечения всех потребителей тепловой энергии сети суточным расходом теплоты на отопление и горячее водоснабжение.

Разработана методика расчета времени инерционного запаздывания изменения параметров при движении теплоносителя до заданного абонента тепловой сети.

Проведен вычислительный эксперимент практического применения предложенной методики оптимизации режимов отпуска теплоты на примере существующей системы централизованного теплоснабжения п. Приаргунск Забайкальского края. Представлены результаты использования методик поиска наихудших потребителей тепловой сети, учета суточного перегрева наихудших потребителей, выбора оптимального суточного графика отпуска теплоты от источника теплоснабжения.

2. Рассчитан оптимальный суточный график отпуска теплоты от Приаргунской ТЭЦ, исходя из суточного графика нагрузки ГВС, суточного графика температур наружного воздуха и прочих факторов. Рассчитано гидравлическое и тепловое состояние теплосети п. Приаргунск в каждый момент времени при использовании выбранного оптимального суточного графика отпуска теплоты.

Представленные расчеты были осуществлены с помощью разработанного Маккавеевым В.В. программного комплекса «Оптимизация конфигурации (гидравлика, тепловое состояние, режимы работы) тепловых сетей», который реализует математическую модель открытой тепловой сети централизованного теплоснабжения и ряд расчетных методик по данной модели. Программный комплекс позволяет:

– оценить тепловое и гидравлическое состояние тепловой сети в любой его точке в указанный момент времени;

– проводить вычислительные эксперименты по изменению схемы или характеристик тепловой сети;

– выполнять расчет оптимальных суточных графиков отпуска теплоты от источника при качественно-количественном регулировании открытых систем.

Проведен расчет экономической эффективности выбранного оптимального суточного графика отпуска теплоты от Приаргунской ТЭЦ. Годовой экономический эффект от внедрения предложенной оптимизационной модели составляет около 2,5 млн руб. (в ценах 2011 г.) и включает в себя снижение расхода топлива на отпущенную тепловую энергию, снижение затрат на электрическую энергию на собственные нужды, а также снижение платы за вредные выбросы в окружающую среду.

## Литература

1. Маккавеев, В.В. Расчет потерь теплоты на участках сети в открытых системах теплоснабжения / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов, А.Г. Батухтин // Кулагинские чтения: материалы 7-ой Всерос. науч.-практ. конф. Чита: ЧитГУ, 2007. Ч. 1. С. 225—227.

2. Маккавеев, В.В. Расчет расхода тепла от источника теплоснабжения при качественно-количественном регулировании открытых систем / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов // Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук: труды 50-й науч. конф. МФТИ. М.: МФТИ, 2007. Ч. 3. С. 101—103.

3. Маккавеев, В.В. Разработка методического комплекса оптимизации конфигурации (гидравлика, тепловое состояние, режимы работы) тепловых сетей / В.В. Маккавеев, Н.В. Горячих, О.Е. Куприянов // Энерго и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. С. 67—68.

4. Маккавеев, В.В. Программный комплекс оптимизации конфигурации (гидравлика, тепловое состояние, режимы работы) тепловых сетей / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов // Молодежь Забайкалья: перспективы развития края: материалы 12 Междунар. науч.-практ. конф. Чита: ЗаБИЖТ, 2008. Ч. 2. С. 171-173.

5. Маккавеев, В.В. Методика оптимизации отпуска теплоты от источника с учетом функционирования тепловых сетей и потребителей тепловой энергии // Современная техника и технологии: материалы 14 Междунар. науч.-практ. конф. Томск: ТПУ, 2008. Ч. 3. С. 374—377.

6. Маккавеев, В.В. Расчет суточного графика отпуска теплоты от источника теплоснабжения при качественно-количественном регулировании в открытых системах централизованного теплоснабжения / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГТУ, 2008. С. 567—571.

7. Маккавеев, В.В. Практическое применение некоторых методик оптимизации режимов отпуска теплоты / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов, А.Г. Батухтин // Промышленная энергетика. 2008. № 10. С. 23—27.

8. Маккавеев, В.В. Оптимизация отпуска теплоты от источника с учетом функцио-

нирования тепловых сетей и потребителей тепловой энергии при качественно-количественном регулировании в открытых системах централизованного теплоснабжения / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов // Вестник МАНЭБ. 2008. Т. 13. № 13. С. 56—58.

9. Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ № 2008610504. Оптимизация конфигурации (гидравлика, тепловое состояние, режимы работы) тепловых сетей / В.В. Маккавеев, А.Г. Батухтин; правообладатель В.В. Маккавеев. № 2007614196; заявл. 25.10.07; опубл. 28.01.08. 1 с.