



Идентификатор выступления: 18

Тип: не указан

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ

Задачи расчета теплогидравлических режимов (ТГР) теплоснабжающих систем (ТСС), допустимости и оптимизации режимов являются базовыми для количественного анализа и обоснования решений по организации режимов функционирования ТСС. При этом к методическому, алгоритмическому и программному обеспечению этих задач предъявляются следующие требования: 1) адекватность реальным физическим процессам и свойствам исходной информации; 2) надежность, проявляющаяся в гарантированном получении решений с наперед заданной точностью; 3) быстродействие; 4) возможность решения задач большой размерности; 5) универсальность и адаптивность в отношении произвольной структуры объекта расчета, законов течения среды, изменения постановок задач расчета и расчетных условий. Эти требования диктуются: все возрастающей сложностью и размерностью ТСС; массовым внедрением нового оборудования; ограниченностью времени принятия решений на основе расчетов при диспетчерском управлении (ДУ); необходимостью проведения многовариантных расчетов при решении задач проектирования и эксплуатации; применением моделей и алгоритмов расчета потокораспределения при решении других более сложных задач (оптимального синтеза, реконструкции, управления режимами, идентификации и др.). Автоматизация процессов принятия решений по организации эксплуатационных режимов ТСС имеет фундаментальное значение, так как выбор способов организации режимов качества и оптимальность принимаемых решений на практике целиком зависит от опыта и квалификации инженера по режимам и от сложности объекта расчета.

В докладе рассматриваются следующие вопросы.

1. Обзор имеющейся методологической базы и краткая характеристика программного обеспечения для анализа и обоснования режимов функционирования ТСС. В том числе.

1.1. Новая методика наладочного расчета ТГР для организации нормальных эксплуатационных режимов ТСС, которая включает проверку допустимости режимов, расчет дросселирующих устройств на сети и вводах в здания потребителей с учетом дифференцированных поправок к расходам на компенсацию тепловых потерь в сети [1]. Методика позволяет: разрабатывать наладочные мероприятия для повышения качества теплоснабжения и обеспеченности потребителей; сократить циркуляционные расходы и снизить давление в сетях.

1.2. В ИСЭМ СО РАН разработан и на протяжении многих лет развивается ИВК «АНГАРА-ТС» [2] для автоматизации процессов анализа и принятия решений в задачах проектирования, эксплуатации и ДУ ТСС произвольной структуры и размерности. В рамках ИВК реализована технология разработки эксплуатационных режимов крупных ТСС с промежуточными ступенями регулирования [3], основанная на многоуровневом моделировании [4] и методике наладочного расчета ТГР.

1.3. При этом приоритетными направлениями развития методов моделирования и ПО являются: учет нового состава оборудования; разработка нетрадиционных методов расчета, таких как объектно-ориентированное моделирование [5]; задачи оптимизации и идентификации параметров режима, а также вопросы адекватности модели реальному со-стоянию ТСС, автоматизация процессов анализа и разработки эксплуатационных режимов [6].

2. Развитие методов обеспечения адекватности математического моделирования ТПР ТСС и оптимальности принимаемых решений при их организации.
- 2.1. Оптимизация режимов. Значительные резервы энергосбережения в ТСС можно реализовать за счет поддержания оптимальных режимов их работы. В докладе излагается методика иерархической оптимизации гидравлических режимов ТСС, достоинствами которой являются: возможность находить оптимальные гидравлические режимы ТСС реальной размерности, хорошая поддержка распараллеливания вычислений [7].
- 2.2. Моделирование смесительных насосных станций (СНС). Модифицирован модуль расчета потокораспределения, основанный на релейной методике расчета гидравлической цепи с регулируемыми параметрами, который позволяет моделировать режимы ТСС с наличием СНС [8]. Поскольку расход воды через СНС зависит от температуры смешанной воды, а она в свою очередь от потокораспределения и тепловых потерь в сети, то за один гидравлический и тепловой расчет определить потокораспределение не удастся, требуется внешний цикл итераций, критерием останова в котором будет достижение с заданной точностью требуемой температуры смешанной воды.
- 2.3. Секционирование кольцевых тепловых сетей. Формализована задача поиска варианта секционирования многокольцевой тепловой сети с несколькими источниками [9]. Задача секционирования ставится как оптимизационная. Поиск перспективного секционирования предполагает многовариантные расчеты ТПР. При этом решается задача поиска допустимого режима, с точки зрения обеспеченности потребителей.
- 2.4. Методика активной идентификации ТСС. Основным сдерживающим фактором эффективного применения методов математического и компьютерного моделирования для обеспечения адекватности моделей ТСС их реальному состоянию является отсутствие достоверной информации о фактических характеристиках и параметрах. Для преодоления этой проблемы разработаны подходы и методы обеспечения адекватности моделей ТСС их реальному состоянию [10]. Эффективность разработанной методики проявляется в минимизации общего числа экспериментов для получения заданных, либо максимально достижимых по точности определения фактических характеристик и предсказательных свойств модели ТСС.
3. Практическое применение. Применение перечисленных методических и программных разработок позволяет получать как экономический, так и социальный эффект за счет выявления и реализации потенциала энерго- и ресурсосбережения при организации режимов эксплуатации ТСС, повышения качества и надежности снабжения населения и промышленности тепловой энергией. Результаты разработок нашли эффективное применение при проектировании, диспетчеризации, оптимизации режимов ТСС в различных организациях [11].

Литература

1. Tokarev V.V., Shalaginova Z.I. Technique of multilevel adjustment calculation of the heat-hydraulic mode of the major heat supply systems with the intermediate control stages // *Thermal Engineering*. 2016. – Т. 63. – № 1. – С. 68-77.
2. Н. Н. Новицкий, В.В. Токарев и др. Информационно-вычислительный комплекс «АНГАРА-ТС» для автоматизации расчета и анализа эксплуатационных режимов при управлении крупными многоконтурными системами теплоснабжения // *Вестник ИрГТУ*. Том 22, № 11. – 2018. – С. 126-144.
3. Новицкий Н.Н., Шалагинова З.И., et al. Технология разработки эксплуатационных режимов крупных систем теплоснабжения на базе методов многоуровневого теплогидравлического моделирования // *Известия РАН. Энергетика*. – 2018. – № 2. – С. 12 – 24. 288.
4. Novitsky N.N., Alekseev A.V., Grebneva O.A. et al. Multilevel modeling and optimization of large-scale pipeline systems operation // *Energy*. 2019. Т. 184. С. 151-164.
5. Новицкий Н.Н., Шалагинова З.И., Михайловский Е.А. Объектно-ориентированные модели элементов тепловых пунктов теплоснабжающих систем // *Вестник ИрГТУ*. – 2017. – Т. 21. – № 9 (128). – С. 157-172.
6. Новицкий Н.Н., Алексеев А.В., Токарев В.В. Комплексное развитие и применение информационных технологий для автоматизации процессов анализа и разработки эксплуатационных режимов инженерных систем тепло- и водоснабжения // *Известия ВУЗов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2018. Т. 8. № 4 (27). С. 139-161.
7. Lucenko A.V. Optimization of hydraulic modes of distribution heat networks by dynamic programming // *E3S Web of Conferences*. 2018. ID. 03003.
8. Tokarev V.V., Novitsky N.N. The method of adjustment of heat supply systems with the multistage temperature control at pumping stations // *MATEC Web of Conferences*. 2018. 02006.
9. Tokarev V.V. Developing a procedure for segmenting meshed heat networks of heat supply systems without outflows // *Thermal Engineering*. 2018. Т. 65. № 6. С. 400-409.
10. Novitskii N.N., Grebneva O.A., Tokarev V.V. Investigation of active identification methods for thermohydraulic testing of heat networks // *Thermal Engineering*. 2018. Т. 65. № 7. С. 453-461.
11. Shalaginova Z.I., Tokarev V.V. Applied problems and methodological approaches to planning and imple-

mentation of operating conditions at district heating systems // Thermal Engineering. 2019. T. 66. № 10. С. 714-729.

Основные авторы: Prof. NOVITSKY , Nikolay (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences); Dr SHALAGINOVA, Zoya (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences); Dr TOKAREV, Vyacheslav (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences); Dr GREBNEVA, Oksana (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences); Mr LUCENKO, Aleksandr (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences)

Докладчик: Dr SHALAGINOVA, Zoya (Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences)

Классификация сессий: Session 1. Towards Intelligent energy systems.