

УДК 621

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЖИМАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Липовская М.Р.¹, студент гр. ЭПТ-1-22, IV курс,
Научный руководитель: Нурисламова А.Р.¹, старший преподаватель
каф. ЭОП

¹Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Современный этап развития теплоэнергетики характеризуется беспрецедентным усложнением задач оперативного управления. Системы теплоснабжения мегаполисов и промышленных центров представляют собой территориально распределенные гидравлически связанные структуры, функционирующие в условиях стохастической неопределенности внешних воздействий [2, 6]. Традиционные методы регулирования, базирующиеся на нормативных температурных графиках и эмпирическом опыте диспетчерского персонала, исчерпали потенциал эффективности ввиду растущих требований к энергосбережению, надежности и экономической целесообразности [1]. Гетерогенность факторов, влияющих на режимы теплоснабжения — от микроклиматических флуктуаций до стохастики водоразбора в жилых зданиях — порождает высокую размерность пространства состояний, анализ которой недоступен человеку-оператору без применения специализированных интеллектуальных инструментов. В этой парадигме разработка информационных систем поддержки принятия решений (СППР) становится не просто технологическим усовершенствованием, а фундаментальным условием обеспечения управляемости сложными теплоэнергетическими комплексами.

Информационная СППР в контексте теплоснабжения концептуально отличается от классических SCADA-систем, выполняя не столько мониторинговые, сколько когнитивные функции. Это интеллектуальная среда, агрегирующая потоки разнородных данных, методы вычислительного интеллекта и формализованные эвристики в единый управленческий контур [2]. Базисом системы выступает распределенный репозиторий, аккумулирующий телеметрию с источников теплоты, насосных станций, тепловых пунктов и узлов учета потребителей. Архитектурное построение СППР иерархично и включает периферийный уровень сбора и первичной консолидации информации, уровень предобработки, реализующий фильтрацию импульсных помех и восстановление пропусков в данных методами сплайн-интерполяции, аналитическое ядро, где разворачиваются вычислительные процедуры, и уровень визуализации с элементами когнитивной графики, адаптированной для восприятия оперативным персоналом [5].

Особого внимания заслуживает методологическое наполнение аналитического модуля, которое базируется на синергии классической статистики и

методов машинного обучения. Для краткосрочного прогнозирования теплопотребления, помимо стандартных регрессионных моделей, целесообразно применение нейросетевых архитектур, способных учитывать нелинейные зависимости и инерционные свойства отапливаемых зданий [4]. Диагностика предаварийных состояний строится на алгоритмах обнаружения аномалий, анализирующих не только абсолютные отклонения параметров, но и скорости их изменения (производные по времени), что позволяет идентифицировать развивающиеся дефекты на ранней стадии, например, начинающееся зарастание трубопроводов или разрегулировку гидравлического режима. Ключевым преимуществом предлагаемого подхода выступает реализация принципа проактивного управления, когда управляющее воздействие формируется не как реакция на уже состоявшееся отклонение, а как превентивная мера на основе прогнозной оценки состояния. Иллюстрацией служит алгоритм упреждающей коррекции температурного графика при прогнозируемом похолодании, позволяющий аккумулировать теплоту в строительных конструкциях и снизить пиковую нагрузку на источники [2, 6].

Существенным функциональным компонентом системы выступает блок технико-экономической оптимизации, реализующий многокритериальный поиск компромиссных решений. В отличие от традиционных подходов, ориентированных исключительно на поддержание температурного графика, предлагаемая СППР оценивает эффективность транспорта теплоносителя через удельные затраты электроэнергии на перекачку, соотнесенные с переданной тепловой мощностью [1]. Это создает предпосылки для оптимизации режимов по интегральному критерию, учитывающему стоимость топливных ресурсов, тарифы на электроэнергию для насосного оборудования и затраты на тепловые потери в сетях [2]. Перспективным направлением совершенствования системы является имплементация методов инженерии знаний, предполагающая формирование базы эвристических правил, отражающих многолетний опыт эксплуатации. Гибридные экспертные системы, объединяющие аналитику данных и формализованные знания технологов, демонстрируют высокую эффективность в нештатных ситуациях, где чисто статистические модели теряют predictive power из-за отсутствия репрезентативной обучающей выборки [3].

Практическая имплементация СППР создает предпосылки для качественного снижения операционных рисков. Экономическая эффективность достигается по нескольким направлениям: сокращение перерасхода топливно-энергетических ресурсов за счет точного соответствия генерации фактическому потреблению; увеличение межремонтного ресурса насосного оборудования вследствие оптимизации числа пусков и режимов нагрузки; минимизация ущерба от аварийных отключений благодаря ранней диагностике предаварийных состояний [1, 2]. Логическим продолжением эволюции СППР выступает интеграция с цифровыми двойниками (digital twins) объектов теплоснабжения. В отличие от статических расчетных моделей, цифровой двойник функционирует синхронно с физическим объектом, позволяя проводить вычисли-

тельные эксперименты и стресс-тестирование сети без риска для реальной инфраструктуры — моделировать последствия отключения магистралей, подключения новых абонентов или изменения гидравлических режимов. Конвергенция СППР и цифровых двойников открывает путь к созданию автономных систем управления, способных самостоятельно принимать тактические решения на коротких интервалах времени под контролем диспетчера [2, 6].

Резюмируя вышеизложенное, следует констатировать, что разработка и внедрение интеллектуальных систем поддержки принятия решений является магистральным направлением цифровой трансформации теплоэнергетического комплекса. Предложенная концепция СППР, интегрирующая методы глубинного анализа данных, прогностического моделирования и формализации экспертных знаний, обеспечивает эволюционный переход от режимного регулирования к интеллектуальной оптимизации тепловых сетей. Это гарантирует достижение синергетического эффекта, выражающегося в повышении надежности теплоснабжения потребителей, росте энергетической эффективности процессов генерации и транспорта тепла, а также укреплении экономической устойчивости теплоснабжающих организаций в условиях турбулентности внешней экономической среды и ужесточения регуляторных требований [2, 6].

Список литературы:

1. Бартоломей П.И., Тащилин В.А. Информационное обеспечение задач электроэнергетики: учебное пособие. – М.: Изд-во Уральский университет, 2015. – 110с.
2. Колесников А.А., Кириллов А.Н. Информационно-управляющие системы в теплоэнергетике: монография. – М.: Издательство МЭИ, 2021. – 256 с.
3. Гаврилова Т.А. Инженерия знаний // Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Т. А. Гаврилова; под ред. Б.З. Мильнера. – М.: Инфра-М, 2009. - С. 214-216.
4. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Холод И.И. и др. Анализ данных и процессов: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 512 с.
5. Железнов М.М. Методы и технологии обработки больших данных: учебное пособие. – М.: Изд-во МИСИ – МГСУ, 2020. – с.27-33.
6. Смирнов В.В., Крылов А.Н. Цифровизация теплоэнергетики: методы и технологии. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. — 312 с.