

Энергосберегающие технологии

УДК 697.341

Никитин Е.Е., докт. техн. наук

Институт газа НАН Украины, Киев

ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: nikitin_ee@ukr.net

Концептуальные положения модернизации существующих неэффективных систем централизованного теплоснабжения

На базе использования когнитивного подхода проанализирована текущая ситуация в сфере централизованного теплоснабжения. Показано наличие замкнутых цепочек причинно-следственных связей негативных факторов и конфликтов целевых установок субъектов деятельности в сфере централизованного теплоснабжения. Предложена концептуальная модель энергоэффективной модернизации систем централизованного теплоснабжения (СЦТ), которая включает в себя показатели текущего состояния тепловых источников, сетей и тепловых потребителей, энергоэкономические модели, ограничения, процедуры формирования и анализа взаимного влияния рекомендуемых проектов. Приведены количественные данные о показателях текущего состояния СЦТ городов Украины. Показана взаимосвязь показателей текущего состояния и проектов энергоэффективной модернизации СЦТ. Выполнена оценка энергетического самообеспечения муниципальных СЦТ при условии термомодернизации зданий. Предложено создание систем энергетического менеджмента на предприятиях централизованного теплоснабжения. *Библ. 6, рис. 7, табл. 5.*

Ключевые слова: системы централизованного теплоснабжения, энергоэффективность, энергетический менеджмент.

Модернизация устаревших, неэффективных систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) является актуальной проблемой, решение которой требует привлечения больших финансовых ресурсов. Эта проблема имеет технические, экологические, экономические, финансовые, институциональные, социально-политические аспекты и затрагивает большое число субъектов экономической деятельности и социальных групп. В этих условиях важно выработать обоснованную концепцию решения проблемы, которая в максимальной степе-

ни учитывает все аспекты и влияющие факторы и минимизирует риск принятия неэффективных решений [1].

Для анализа ситуации в сфере централизованного теплоснабжения целесообразно использовать когнитивный подход. Обоснованность его использования обусловлена многоаспектностью влияющих факторов, их взаимосвязанностью и сложностью установления количественных взаимосвязей. Результаты когнитивного анализа представлены в виде когнитивной карты (рис.1), которая представляет собой ориен-

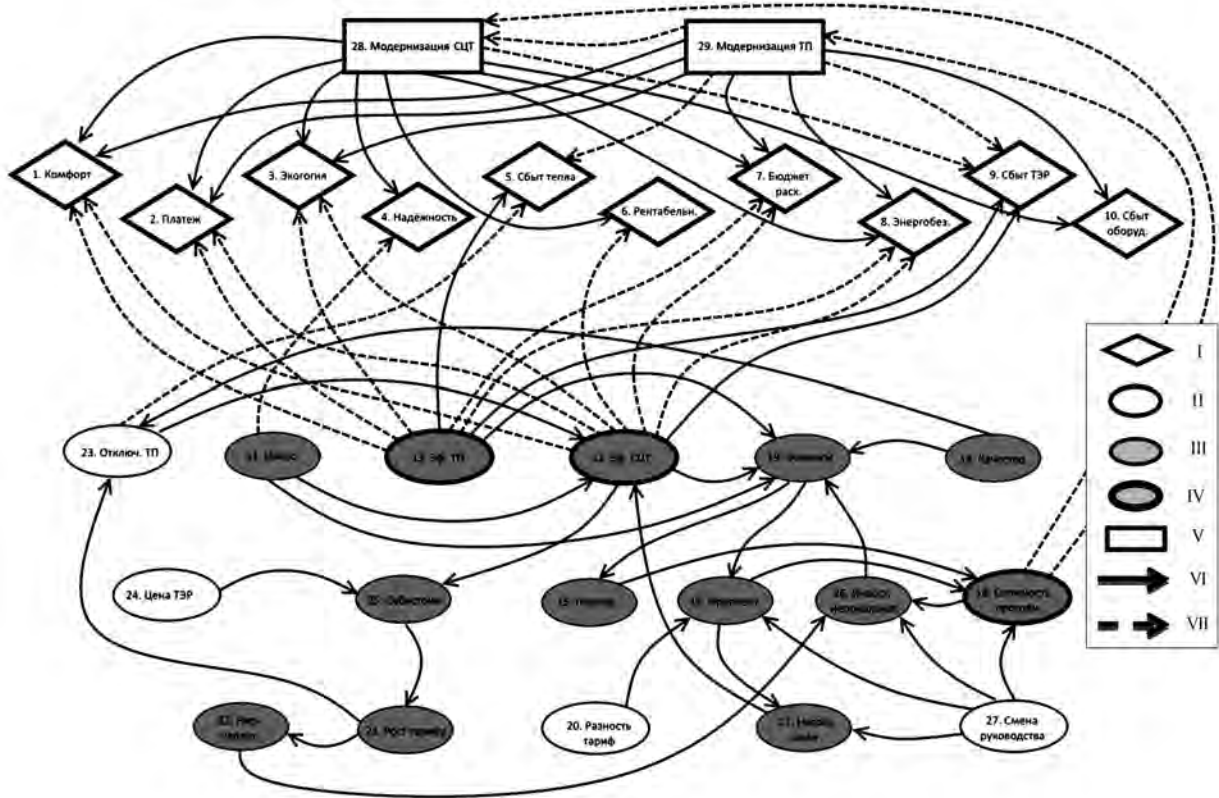


Рис.1. Когнитивная карта ситуации в сфере СЦТ: I – целевая установка; II – фактор, характеризующий ситуацию; III – негативный фактор; IV – ключевой фактор; V – управляющее воздействие; VI – усиление одного фактора другим (положительная взаимосвязь); VII – ослабление одного фактора другим (отрицательная взаимосвязь).

тированный граф, вершины которого отображают факторы ситуации, а дуги – взаимодействие между факторами. Рассматриваются три вида факторов: целевые установки; факторы, характеризующие ситуацию; управляющие воздействия. Рассматриваются также взаимодействия между факторами двух видов: усиление одного фактора другим (положительная взаимосвязь) или ослабление (отрицательная взаимосвязь).

Последовательное взаимодействие между определенным количеством факторов представляет собой цепочку причинно-следственных связей (ПСС). Цепочку ПСС, начинающуюся и завершающуюся одним и тем же фактором, будем называть замкнутой.

Последовательное взаимодействие между определенным количеством факторов представляет собой цепочку причинно-следственных связей (ПСС). Цепочку ПСС, начинающуюся и завершающуюся одним и тем же фактором, будем называть замкнутой.

Таблица 1. Целевые установки субъектов сферы СЦТ

Целевые установки (сокращение)		Субъект сферы централизованного теплоснабжения
1	Комфортность теплового режима в помещении (комфорт)	Потребители тепловой энергии
2	Снижение платы за тепловую энергию (платеж)	
3	Экологическая безопасность (экология)	
4	Надежность теплоснабжения (надежность)	
5	Увеличение объемов сбыта тепловой энергии (сбыт тепла)	Теплоснабжающие организации
6	Повышение рентабельности производства тепловой энергии (рентабельность)	
7	Снижение бюджетных расходов на теплоснабжение (бюджетные расходы)	Органы центральной и местной исполнительной власти
8	Обеспечение энергетической безопасности города и страны (энергобезопасность) Целевые установки 1–4	
9	Увеличение объемов сбыта топлива и электроэнергии (сбыт ТЭР)	Поставщики топлива и электрической энергии
10	Увеличение объемов поставок энергетического оборудования, материалов и услуг определенных видов (сбыт оборудования)	

Условные обозначения

- СЦТ — система централизованного теплоснабжения
- ПСС — причинно-следственные связи — влияние одного фактора на другой (положительное или отрицательное)
- (x)↑ — усиление фактора x
- (x)↓ — ослабление фактора x
- ТИ — тепловой источник
- ТС — тепловые сети
- ТП — тепловые потребители
- ГВ — горячая вода
- ТЭС — тепловая энергетическая станция
- НВИЭ — нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
- ТЭР — топливно-энергетический комплекс
- ТКС — тепловая энергия канализационных стоков
- ИОКС — иловые осадки канализационных стоков
- ТБО — твердые бытовые отходы
- F — комплексный показатель энергоэффективности СЦТ, кВт·ч/(м²·год)
- F_т — удельный расход топлива на единицу отапливаемой площади, кВт·ч/(м²·год)
- F_е — удельный расход электроэнергии на единицу отапливаемой площади, кВт·ч/(м²·год)
- F_{зд} — удельное теплоснабжение зданий, кВт·ч/(м²·год)
- S — суммарная отапливаемая площадь тепловых потребителей подключенных к СЦТ, м²
- Ц — коэффициент, характеризующий соотношение между потоками тепловой и электрической энергии; $C = 7 b_{y.t.} / 860$
- b_{y.t.} — усредненный расход условного топлива для производства электроэнергии, кг у.т./кВт·ч
- E_т — количество топлива, использованное в источнике тепловой энергии, кВт·ч/(м²·год)
- E_е — количество электроэнергии, использованное в источнике тепловой энергии, кВт·ч/год
- E_н — количество электроэнергии, использованное для транспортировки теплоносителя, кВт·ч
- E_п — количество потребленной тепловой энергии, кВт·ч/год
- E_{от} — количество отпущенной тепловой энергии, кВт·ч/год
- η_{ст} — коэффициент эффективности использования топлива в СЦТ
- η_{к.бр} — коэффициент эффективности использования топлива в котельной
- q_{тр.пот} — потери в тепловых сетях
- [x] — нормативное значение показателя x
- L — удельная протяженность тепловых сетей, км/МВт
- T — простой срок окупаемости капитальных затрат
- TD — дисконтированный срок окупаемости капитальных затрат
- IRR — внутренняя ставка рентабельности проекта, %
- NPV — чистая приведенная стоимость

Целью разработки когнитивной карты является:

- выявление целевых установок субъектов рассматриваемой сферы деятельности;
- определение значимых факторов, характеризующих ситуацию, и установление характера взаимодействия между ними и целевыми установками;
- выявление замкнутых цепочек негативных факторов с положительной ПСС;
- определение ключевых факторов влияния;

- выявление цепочек ПСС между ключевыми и другими влияющими факторами и выявление парадоксальных взаимосвязей между ними;
- определение управляющих воздействий на ключевые факторы;
- выявление конфликта интересов субъектов в сфере централизованного теплоснабжения, вызванных воздействием управляющих факторов.

Первая группа факторов — целевые установки — определяется на основе анализа производственных и других интересов субъектов социально-экономических процессов в сфере СЦТ (табл.1).

Факторы, характеризующие ситуацию, выявляются на основании исследований СЦТ, социологических опросов потребителей тепловой энергии, анализа экономических и энергетических процессов (табл.2).

Таблица 2. Факторы, характеризующие ситуацию в сфере СЦТ, и управляющие факторы

№№ п/п	Фактор	Сокращения
11	Физический и моральный износ оборудования	износ
12	Низкая энергетическая эффективность ТИ и ТС	эф. СЦТ
13	Низкая энергетическая эффективность тепловых потребителей	эф. ТП
14	Низкое качество теплоснабжения	качество
15	Увеличение периода модернизации	период
16	Фрагментарная модернизация	фрагмент.
17	Несогласованность целей для системы и подсистем	несогл. цели
18	Сложность (низкая эффективность) разработки долговременных программ модернизации СЦТ	сложн. прогр.
19	Объем располагаемых финансовых ресурсов существенно ниже необходимого	финансы
20	Установка различного тарифа на тепловую энергию для различных групп потребителей	разн. тариф.
21	Рост тарифа на тепловую энергию	рост тарифа
22	Увеличение риска неплатежей	риск неплат.
23	Стремление потребителей к отключению от СЦТ	отключ. ТП
24	Увеличение цены покупного топлива и электроэнергии для предприятий ЦТ	цена ТЭР
25	Увеличение себестоимости тепловой энергии	себест.
26	Снижение инвестиционной привлекательности СЦТ	инв. не привл.
27	Частая смена высшего руководства городов и центральных органов исполнительной власти	смена рук.
28	Энергоэффективная модернизация СЦТ	мод. СЦТ
29	Энергоэффективная модернизация зданий	мод. ТП

Анализ когнитивной карты позволяет выявить замкнутые цепочки негативных факторов с положительной ПСС (табл.3).

Наличие замкнутых цепочек негативных факторов с положительной ПСС характеризует

Таблица 3. Закрытые цепочки негативных факторов с положительной ПСС

Обозначение	Цепочка ПСС
A	(12)↑→(19)→(16)↑→(17)↑→(12)↑
B	(12)↑→(25)→(21)↑→(23)↑→(12)↑
C	(12)↑→(25)↑→(21)→(22)↑→(26)↑→(19)→ →(16)↑→(17)→(12)↑
D	(19)↑→(15)↑→(18)→(26)↑→(19)↑
E	(19)↑→(16)↑→(18)→(26)↑→(19)↑
I	(19)↑→(16)↑→(17)→(12)↑→(19)↑

тенденцию рассматриваемой ситуации к негативному самопроизвольному развитию. Такая негативная тенденция не может улучшиться сама по себе, только за счет взаимной компенсации факторов, характеризующих ситуацию. Она будет динамично развиваться в негативном направлении, если не будут предприняты определенные действия, препятствующие этому развитию.

Рассмотрим два примера механизма развития закрытых цепочек негативных факторов с положительной ПСС.

А. Низкая энергетическая эффективность (фактор (12), см. рис.1, табл.1,2) в совокупности со значительным физическим износом СЦТ (11) определяет необходимость привлечения значительных инвестиций и возникновение ситуации, когда объем необходимых финансовых ресурсов существенно превышает существующие возможности муниципалитета (19). Это приводит к возникновению ситуации «фрагментарная модернизация» (16), суть которой заключается в том, что, исходя из наличия ограниченного финансирования, решается задача повышения энергоэффективности отдельных подсистем СЦТ без учета глобальной цели повышения энергоэффективности системы в целом (17), что приводит к усилению фактора (12). Фрагментарной модернизации способствует различие тарифов на тепловую энергию для населения и других групп потребителей, в том числе для бюджетных организаций (20).

В. Низкая энергетическая эффективность (12) приводит к повышению себестоимости тепловой энергии (25). Рост себестоимости обусловлен также ростом цен на топливо и электроэнергию, которые закупает теплоснабжающая организация (24). В результате происходит возрастание тарифа на тепловую энергию (21), что, в свою очередь, усиливает тенденцию к отключению тепловых потребителей от СЦТ (23), увеличению различия между установленной мощностью и присоединенной нагрузкой и усилению фактора (12).

Наличие цепочек негативных факторов с положительной ПСС приводит к деградации СЦТ, которая проявляется в отключении тепловых потребителей, снижении присоединенной тепловой нагрузки, увеличении различия между установленной мощностью и присоединенной тепловой нагрузкой.

Управляющее воздействие может быть осуществлено через ключевые факторы, изменение которых способно целевым образом изменить ситуацию. Ключевыми факторами являются низкая энергетическая эффективность СЦТ (12), низкая энергетическая эффективность тепловых потребителей (13), а также сложность (низкая эффективность) разработки долговременных программ модернизации СЦТ (18).

Таким образом, наблюдающая на практике деградация СЦТ вызвана не только физическим и моральным износом оборудования и нехваткой финансовых ресурсов для проведения модернизации, но и наличием закрытых цепочек причинно-следственных связей негативных факторов и конфликтов целевых установок — субъектов деятельности в сфере централизованного теплоснабжения.

Управляющими воздействиями, противодействующими снижению энергетической эффективности СЦТ (12) и тепловых потребителей (13), являются проведение модернизации этих объектов (28, 29). Повышение эффективности долговременных программ модернизации этих объектов достигается за счет разработки научно обоснованных подходов решения этой проблемы, которые позволяют принять во внимание все многообразие влияющих факторов, их взаимодействие и внутренние противоречия, присущие рассматриваемой ситуации.

В основу стратегии модернизации СЦТ должна быть положена концептуальная модель, которая состоит из совокупности физических объектов, процедур обработки данных, информационных блоков и в общем виде отображает смысловую структуру рассматриваемой предметной области, множество составляющих ее понятий и связей между ними (рис.2).

Объектами исследования являются СЦТ (1), включая тепловые источники (ТИ), тепловые сети (ТС) и подключенные к ним тепловые потребители (ТП). Комплексное рассмотрение этих элементов системы является базовым принципом рассматриваемого концептуального подхода.

В процессе энергоаудита СЦТ формируется электронный паспорт системы (2), на основе которого определяются показатели ее текущего состояния (3).

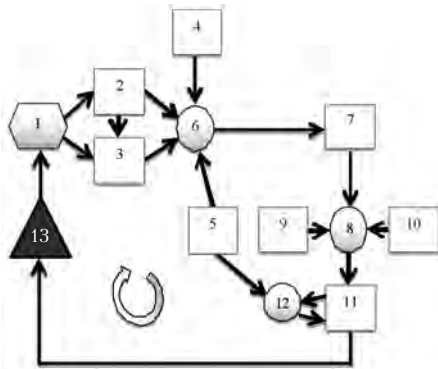


Рис.2. Концептуальная модель решения проблемы модернизации СЦТ: 1 – СЦТ; 2 – электронный паспорт СЦТ; 3 – показатели текущего состояния СЦТ; 4 – перечень потенциальных возможностей замещения газовых котлов более эффективными тепловыми источниками; 5 – энергоэкономические модели; 6 – процедура формирования множества потенциальных проектов; 7 – список потенциальных проектов; 8 – процедура формирования рекомендуемого варианта модернизации СЦТ; 9 – ограничения; 10 – дополнительные критерии; 11 – рекомендуемый вариант модернизации СЦТ; 12 – согласование параметров проектов; 13 – реализация i-го этапа модернизации.

Составляется перечень потенциальных возможностей замещения газовых котлов более эффективными тепловыми источниками (4).

С помощью процедуры (6), использующей библиотеку энерго-экономических моделей (5), а также рассмотренные выше информационные блоки (2), (3), (4), формируется перечень потенциальных проектов модернизации СЦТ (7). Перечень потенциальных проектов (7) является основой процедуры формирования рекомендуемого варианта модернизации СЦТ (8), в результате которой должен быть сформирован перечень рекомендуемых проектов (11) с учетом ограничений (9) и комплекса критериев (10).

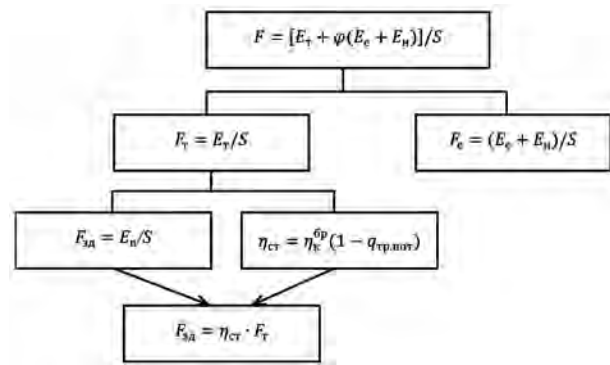


Рис.3. Структура и взаимосвязь показателей энергоэффективности СЦТ.

Рекомендуемые проекты (11) не являются независимыми, а оказывают друг на друга взаимное технико-экономическое влияние. Анализ взаимного влияния проектов (12) осуществляется с помощью энергоэкономических моделей (5).

Завершающим является процесс реализации рекомендуемого варианта (13), в результате которого СЦТ выходит на новый уровень технического состояния.

Поскольку модернизация устаревших СЦТ требует привлечения значительных финансовых ресурсов, она реализуется поэтапно. Процесс, изображенный на рис.2, включает n-е количество циклов.

Далее более подробно рассматриваются некоторые составляющие концептуальной модели.

Система показателей текущего состояния СЦТ (2) включает в себя показатели структуры, энергоэффективности, качества и надежности теплоснабжения для каждой из подсистем и системы в целом (табл.4).

Комплексный показатель энергоэффективности СЦТ (F) характеризует количество топ-

Таблица 4. Структура показателей текущего состояния СЦТ

Группа показателей	Коэффициент эффективности использования топлива в СЦТ, удельные затраты топлива на единицу отапливаемой площади		
	ТИ	ТС	ТП
Энергоэффективность	Удельный расход условного топлива на производство тепловой и электрической энергии	Тепловые потери в ТС; удельный расход электроэнергии на транспортировку теплоносителя; величина подпитки теплоносителя	Удельное теплоснабжение зданий
Структура	Установленная мощность и присоединенные нагрузки; гистограмма присоединенных нагрузок различных ТИ; гистограмма интервалов установленных мощностей ТИ; доля ТЭС, НВИЭ	Удельная протяженность ТС	Характеристика застройки (год, этажность, серия); наличие централизованного ГВ; количество отключений потребителей от СЦТ
Качество теплоснабжения	Корреляция между температурой наружного воздуха и отпуском теплоты от ТИ	Соответствие температуры и расхода теплоносителя нормативным значениям	Соответствие температуры воздуха внутри помещений нормативным значениям
Надежность теплоснабжения	Наличие резервных ТИ. Возможность использования разных видов ТЭР	Количество повреждений на 1 км ТС в год	Количество повреждений труб внутридомовой системы теплоснабжения

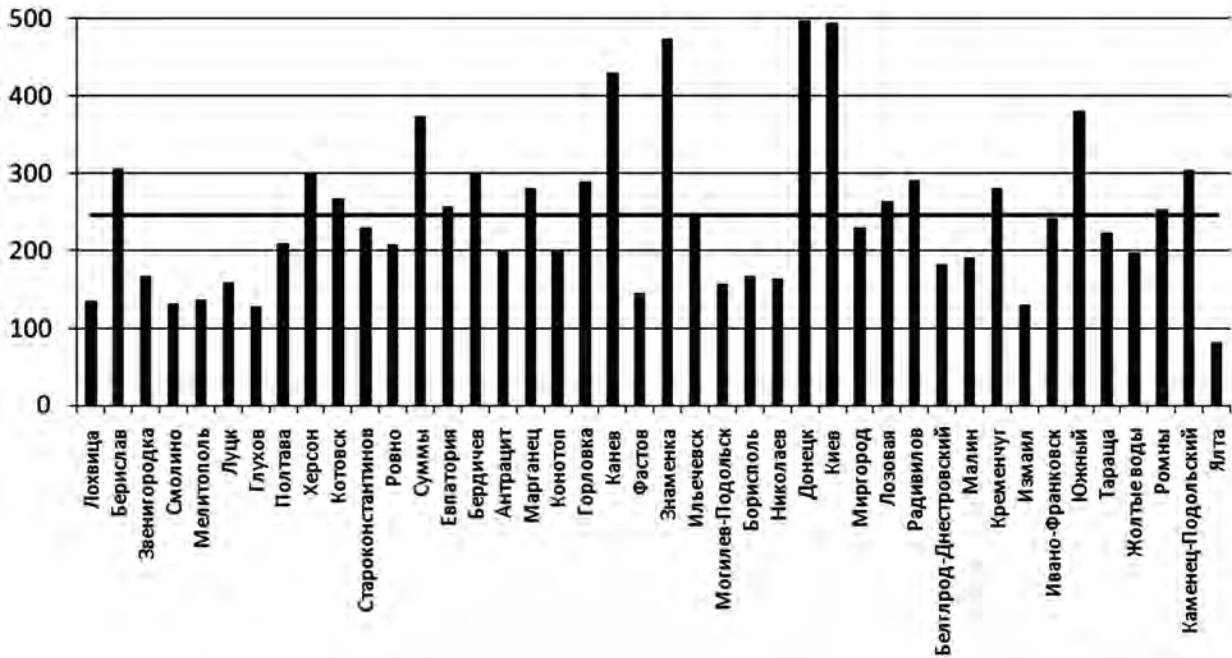


Рис.4. Удельное потребление природного газа в некоторых СЦТ (кВт·ч/(м²·год)). Данные паспортов СЦТ 2010–2013 гг.

лива и электроэнергии, которые затрачены на производство теплоносителя и его транспортировку, отнесенные к единице отапливаемой площади. Этот показатель определяется на основании локальных показателей, структура и взаимосвязь которых представлены на рис.3.

Данные о величине удельного потребления природного газа в некоторых городах Украины (рис.4) свидетельствуют о значительном разбросе этой величины. Это может быть следствием различной энергоэффективности СЦТ и подключенных к ним зданий, различия климатиче-

L, км/МВт

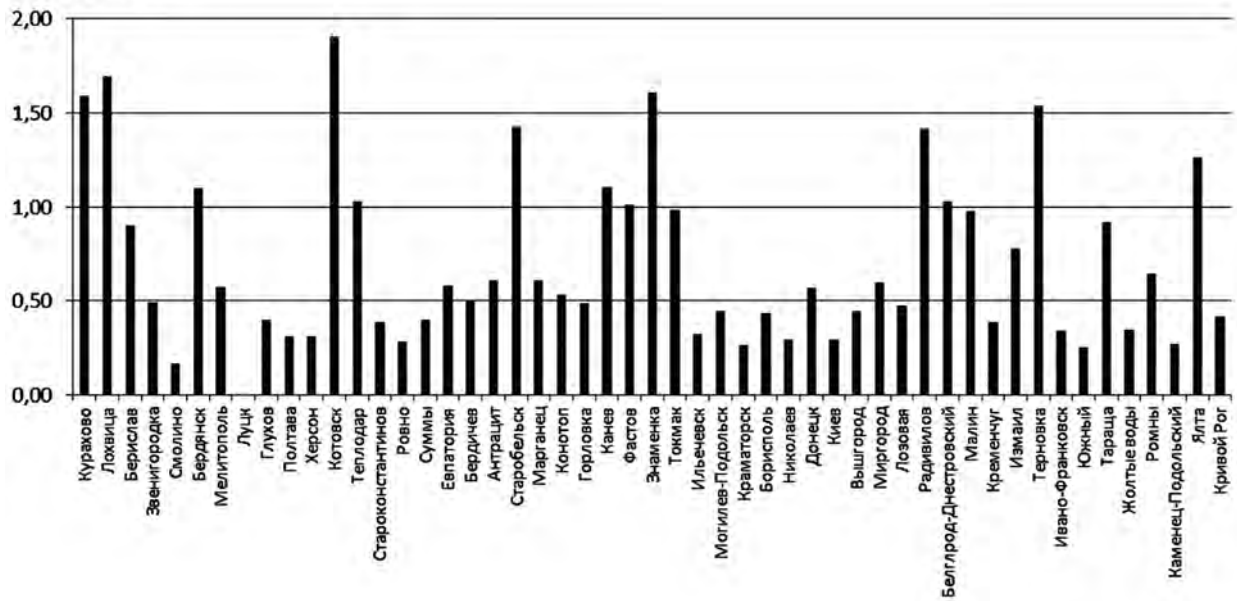


Рис.5. Удельная протяженность тепловых сетей. Данные паспортов СЦТ 2010–2013 гг.

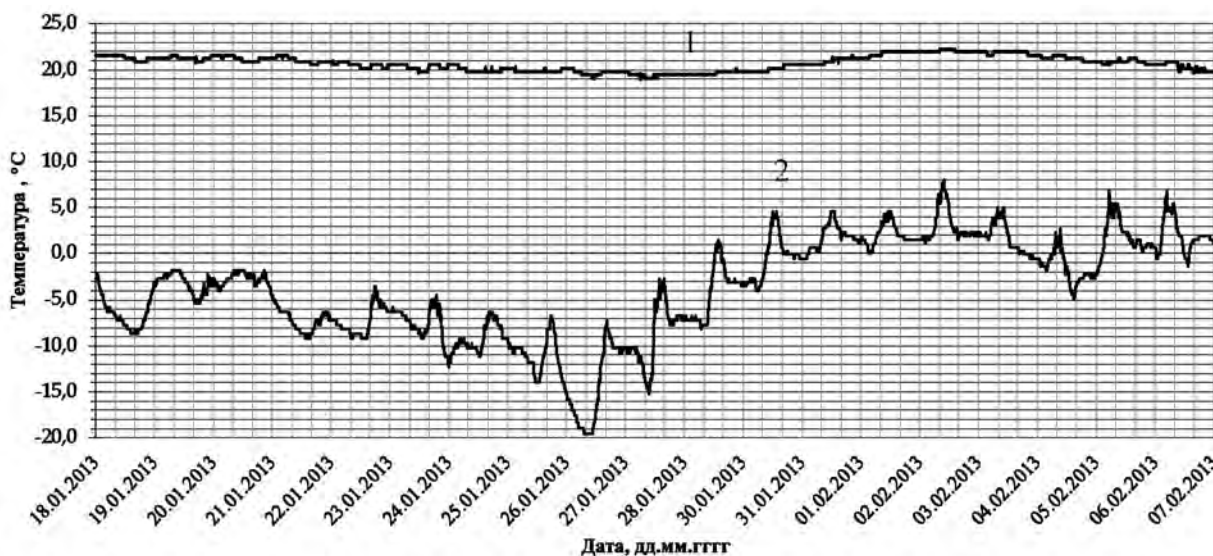


Рис.6. Пример мониторинга температуры воздуха в контрольной точке здания: 1 – температура внутреннего воздуха; 2 – температура наружного воздуха вблизи объекта исследования. (г. Коростень, ул. Киевская, 15, кв. 113) с 18.01.13 по 07.02.13. Частота снятия показаний – 10 мин.

ских условий, наличия или отсутствия горячего теплоснабжения.

Основными показателями структуры СЦТ является распределение установленных мощностей и присоединенных нагрузок по отдельным тепловым районам и тепловым источникам. Установленные мощности, как правило, в 2–3 раза превышают присоединенные тепловые нагрузки. В большинстве СЦТ ревизия присоединенных тепловых нагрузок не проводилась в течение длительного периода. В силу изменения со временем теплоизоляционных характеристик зданий и отключения от СЦТ отдельных зданий и помещений эти нагрузки могут существенно изменяться, поэтому существующие данные о присоединенных тепловых нагрузках нуждаются в корректировке с использованием показаний теплосчетчиков.

Важным показателем структуры является удельная протяженность тепловых сетей, то есть отношение протяженности (в двухтрубном исчислении) к присоединенной тепловой нагрузке. Удельная протяженность тепловых сетей населенных пунктов Украины меняется в диапазоне от 0,16 до 1,9 км/МВт (рис.5). Высокое значение этого показателя является основанием для рассмотрения мероприятий по оптимизации структуры СЦТ.

Результирующим показателем качества теплоснабжения является поддержание заданной температуры воздуха внутри помещений в условиях изменения температуры наружного воздуха. Должен осуществляться непрерывный мони-

торинг температуры воздуха в контрольных точках отапливаемых зданий (рис.6).

Надежность СЦТ определяется, главным образом, состоянием трубопроводов тепловых сетей, которое характеризуется сроком их службы и удельным количеством повреждений. Во многих городах Украины удельная повреждаемость труб тепловых сетей приближается к 1 повреждению на 1 км в год, что свидетельствует о необходимости замены труб. В СЦТ европейских стран этот показатель на порядок меньше.

Многочисленные обследования СЦТ городов Украины позволили установить границы изменения основных показателей энергоэффективности и особенности, характеризующие структуру, надежность и качество услуг теплоснабжения:

- удельный расход природного газа в СЦТ на единицу отапливаемой площади подключенных к ним зданий изменяется в диапазоне $F_{ст} = 130–500$ кВт·ч/(м²·год);

- удельное потребление тепловой энергии зданий изменяется в диапазоне $F_{зд} = 100–350$ кВт·ч/(м²·год);

- среднее значение коэффициента эффективности использования природного газа в котельных составляет $\eta_{ст} = 0,87$, среднее значение относительных тепловых потерь в тепловых сетях составляют $q_{тр.пот} = 0,15$. Таким образом, среднее значение коэффициента эффективности использования топлива в СЦТ составляет $\eta_{ст} = 1 - 0,13 - 0,15 (1 - 0,13) = 0,74$;

Таблица 5. Примеры взаимосвязи показателей состояния и проектов модернизации СЦТ

Показатель состояния	Проекты модернизации СЦТ
$\eta_{\text{кбр}} < [\eta_{\text{кбр}}]$	Замена котла, замена горелок, установка теплоутилизатора, автоматизация процесса горения
$q_{\text{тр.пот}} > [q_{\text{тр.пот}}]$	Замена изношенных участков труб тепловых сетей
Большое количество порывов труб тепловых сетей	Замена изношенных участков труб тепловых сетей
$E_{\text{н}}/E_{\text{от}} > [E_{\text{н}}/E_{\text{от}}]$	Замена сетевых насосов более эффективными насосами с ЧРП. Использование качественно-количественного регулирования тепловой нагрузки
Большая удельная протяженность тепловых сетей ($L > 1 \text{ км/МВт}$)	Установка локального теплового источника. Переподсоединение тепловых потребителей к другому тепловому источнику
Низкое качество погодного регулирования, «перетопы» и «недотопы» в зданиях	Установка систем автоматического регулирования тепловой нагрузки в ЦТП. Установка ИТП
Большие потери в тепловых сетях в неотапливаемый период (приготовление горячей воды)	Установка электробойлеров и тепловых аккумуляторов для приготовления горячей воды с использованием льготного ночного тарифа на электроэнергию
$F_{\text{зд}} > [F_{\text{зд}}]$	Термомодернизация зданий

– фактический уровень теплотребления зданий в среднем на 30 % ниже базового уровня, при котором обеспечивается комфортный тепловой режим;

– отсутствие систем погодного регулирования тепловой нагрузки в большинстве зданий, подключенных к СЦТ, приводит к «перетопам» в теплые периоды и «недотопам» в холодные периоды отопительного сезона;

– удельная протяженность тепловых сетей изменяется в диапазоне $L = 0,3\text{--}1,9 \text{ км/МВт}$, среднее значение – $0,7 \text{ км/МВт}$.

Одной из наиболее серьезных проблем централизованного теплоснабжения городов Украины является высокий уровень повреждаемости труб тепловых сетей: ежегодно 1 повреждение на 1 км СЦТ, при среднеевропейском уровне на порядок меньше, что объясняется большим сроком эксплуатации тепловых сетей (около 80 % труб тепловых сетей находятся в эксплуатации 15 лет и более).

Возвращаясь к концептуальной модели решения проблемы модернизации СЦТ (см. рис.2) следует отметить, что при формировании множества потенциальных проектов (6), целесообразно использовать два взаимодополняющих друг друга подхода: формирование проектов на основании анализа показателей текущего состояния (3), которые рассмотрены выше; формирование проектов на основании потенциальных возможностей замещения газовых котлов более эффективными тепловыми источниками (4).

Взаимосвязь между показателями текущего состояния и проектами модернизации СЦТ представляется очевидной. Характерные примеры приведены в табл.5.

Второй подход формирования перечня потенциальных проектов базируется на формировании перечня потенциальных возможностей за-

мещения газовых котлов более эффективными тепловыми источниками:

1) совместная выработка тепловой и электрической энергии;

2) замещение природного газа нетрадиционными, возобновляемыми источниками энергии и местными видами топлива, включая:

– использование сбросной тепловой энергии канализационных стоков (ТКС) на основе применения тепловых насосов;

– сжигание (газификация) иловых осадков канализационных стоков (ИОКС);

– сжигание твердых бытовых отходов (ТБО);

– сжигание биотоплива;

– использование сбросной тепловой энергии промышленных предприятий;

– использование солнечной энергии, в основном для приготовления горячей воды.

Использование совокупного потенциала только первых трех из перечисленных источников сбросной тепловой энергии (ТКС, ИОКС, ТБО) позволяет на 30 % обеспечить город тепловой энергией для отопления при существующем удельном теплотреблении здания (около $200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$). По мере термомодернизации зданий и снижения величины удельного теплотребления эта доля будет возрастать (рис.7). Это позволит комплексно решать энергетические и экологические проблемы городов, а СЦТ станут не только источником тепловой энергии, но и «городским утилизатором».

Такой подход соответствует Европейскому плану развития СЦТ, который предусматривает возрастание доли централизованного теплоснабжения в 2030 г. до 30 %, в 2050 г. – до 50 %. При этом относительная доля тепловой энергии, произведенной в котлах, будет снижаться, а доля тепловой энергии, произведенной из отходов и возобновляемых источников энергии, будет возрастать [2].

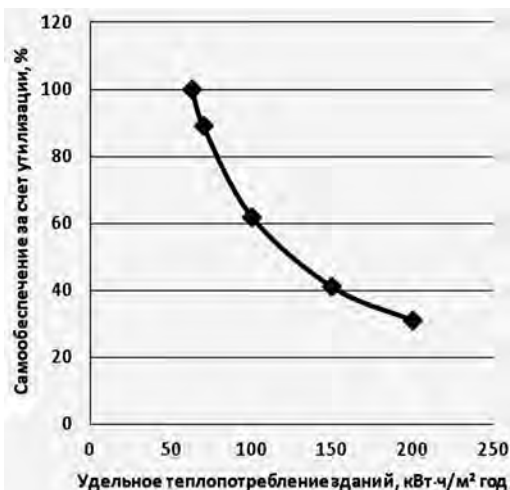


Рис.7. Доля самообеспечения города теплотой для отопления за счет утилизации материальных и тепловых внутригородских сбросных потоков (ТКС, ИОКС и ТБО).

Принятие решений о целесообразности реализации того или иного проекта должно осуществляться на основе использования энергоэкономических моделей (рис.2, поз.5), которые позволяют установить количественную взаимосвязь между показателями состояния СЦТ, режимными и конструктивными характеристиками, внешними влияющими факторами (главными из которых являются цены на ТЭР), капитальными затратами и финансовыми показателями проектов (Т, TD, IRR, NPV).

Анализ показателей текущего состояния СЦТ и рассмотрение потенциальных возможностей замещения газовых котлов более эффективными тепловыми источниками позволяет сформировать список потенциальных энергоэффективных проектов (поз.7), с указанием капитальных затрат, годовой экономии и срока окупаемости капитальных затрат.

Рекомендуемый вариант модернизации СЦТ (поз.11) содержит часть потенциальных проектов с самыми низкими сроками окупаемости капитальных затрат, суммарные затраты на реализацию которых не превышают финансовые ограничения (поз.9), которые определяются исходя из бюджетных средств города, предприятия, возможностей привлечения кредитных финансовых ресурсов и средств частных инвесторов.

Формирование проектов (поз.11) должно осуществляться не только с учетом экономических, но и неэкономических критериев (поз.10): социальных, экологических, обеспечения энергетической независимости, надежности СЦТ и др. Используются экспертные оценки проектов. Общий подход к формированию рекомендуемого варианта на основе мультикритериального подхода изложен в работе [4].

Практическим инструментом реализации изложенного выше подхода модернизации неэффективных СЦТ является создание в теплоснабжающих организациях систем энергетического менеджмента [5].

В крупных теплоснабжающих компаниях целесообразно создание структурных подразделений энергетического менеджмента.

Основными задачами энергетического менеджмента в сфере СЦТ являются следующие:

- формирование и регулярное обновление энергетического паспорта СЦТ;
- оперативный контроль эффективности использования ТЭР, качества и надежности теплоснабжения;

- подготовка предварительных ТЭО проектов энергоэффективной модернизации;

- мониторинг фактической эффективности внедренных проектов;

- прогнозирование параметров работы системы теплоснабжения;

- обеспечение прозрачной системы мониторинга платежей за потребленное топливо, электроэнергию, а также тепловую энергию.

Для реализации этих задач необходимы технические средства, программно-методическое и организационное обеспечение.

Технические средства включают в себя приборы учета потребления топливно-энергетических ресурсов, устройства сбора и передачи информации, вычислительную технику. Используются штатные средства измерения, а также портативные измерительные средства: газоанализатор, накладной ультразвуковой расходомер, тепловизор, термометры, термоанемометры, тахометр, измеритель параметров электрического тока.

Программно-методические средства включают в себя:

- электронный паспорт системы теплоснабжения, включая технические, технико-экономические и финансовые характеристики тепловых источников, тепловых сетей и потребителей;

- электронную карту системы теплоснабжения;

- программу оперативного контроля и анализа эффективности использования ТЭР;

- электронную библиотеку предварительных ТЭО типовых энергосберегающих мероприятий;

- электронную библиотеку законодательных, нормативных и методических материалов в сфере энергетического менеджмента.

Организационное обеспечение включает в себя положение о системе энергетического менеджмента предприятия, штатное расписание, должностные инструкции, приказы и распоря-

ження, регламентуючі діяльність підрозділів та співробітників.

Система енергетичного менеджменту теплоснабжаючої організації повинна відповідати стандарту [6] та бути інтегрованою в муніципальну систему енергетичного менеджменту.

Висновки

Предложено використання когнітивного підходу для аналізу ситуації в сфері централізованого теплоснабження. Показано наявність замкнутих ланцюжків причинно-наслідкових зв'язків негативних факторів та конфліктів цільових установок суб'єктів діяльності в сфері централізованого теплоснабження.

Предложена концептуальна модель енергоефективної модернізації СЦТ, яка включає в себе показники поточного стану теплових джерел, мереж та теплових споживачів, енергоекономічні моделі, обмеження, процедури формування й аналізу взаємного впливу рекомендаційних проектів. Наведено кількісні дані про показники поточного стану СЦТ міст України. Показано взаємозв'язок показників поточного стану та проектів енергоефективної модернізації СЦТ.

Приведены количественные данные о показателях текущего состояния СЦТ городов Украины, которые включают в себя показатели структуры, энергетической эффективности, качества теплоснабжения и надежности рассматриваемой системы. Показана взаимосвязь показателей текущего состояния и проектов энергоэффективной модернизации СЦТ.

Виконано оцінку можливості енергетичного самообеспечення муніципальних СЦТ при різному рівні термомодернізації будівель.

Рекомендовано створення та впровадження систем енергетичного менеджменту на підприємствах централізованого теплоснабження.

Список літератури

1. Никитин Е.Е. Повышение энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения : Автореф. дис. ... докт. техн. наук. — Киев, 2015. — 22 с.
2. Heat Roadmap Europe 2050. Study for the EU27. Performed by Aalborg University, Halmstad University and Plan Energy. — <http://www.euroheat.org>.
3. Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні. Аналітична записка БАУ № 12. — <http://uabio.org/img/files/docs/position-paer-uabio-12-ua.pdf>.
4. Никитин Е.Е. Оптимизация выбора энергоэффективных проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений // Проблемы загальної енергетики. — 2011. — № 3. — С. 25–32.
5. Никитин Е.Е. Создание систем энергетического менеджмента в сфере теплообеспечения населенных пунктов // Энергетика: Економіка, Технології, Екологія. — 2012. — № 2. — С. 61–69.
6. ДСТУ ISO 50001:2014. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. — Наказ Міністерства розвитку України від 16 вересня 2014 р. № 1111 з 01.01.2015

Поступила в редакцію 01.06.17

Нікітін Є.Є., докт. техн. наук

Інститут газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: nikitin_ee@ukr.net

Концептуальні положення модернізації існуючих неефективних систем централізованого теплопостачання

На базі використання когнітивного підходу проаналізовано поточний стан у сфері централізованого теплопостачання. Показано наявність замкнутих ланцюжків причинно-наслідкових зв'язків негативних чинників та конфліктів цільових установок суб'єктів діяльності у сфері централізованого теплопостачання. Запропоновано концептуальну модель енергоефективної модернізації систем централізованого теплопостачання (СЦТ), яка містить показники поточного стану теплових джерел, мереж та теплових споживачів, енергоекономічні моделі, обмеження, процедури формування й аналізу взаємного впливу рекомендаційних проектів. Наведено кількісні дані про показники поточного стану СЦТ міст України. Показано взаємозв'язок показників поточного стану та проектів енергоефективної модернізації СЦТ. Зроблено оцінку енергетичного самозабезпечення муніципальних СЦТ за умови термомодернізації будівель. Запропоновано створення систем енергетичного менеджменту на підприємствах централізованого теплопостачання. *Бібл. 6, рис. 7, табл. 5.*

Ключові слова: системи централізованого теплопостачання, енергоефективність, енергетичний менеджмент.

Nikitin Ye.Ye., Doctor of Technical Sciences
The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
39, Degtyarivska St., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: nikitin_ee@ukr.neta

Conceptual Positions of Modernization of Existing Inefficient District Heating Systems

The current situation in the sphere of district heating is analysed on the basis of use of the cognitive approach. The presence of closed chains of cause-effect relationships of negative factors and conflicts of target settings of the subjects in the field of district heating is shown. The conceptual model of energy efficient modernization of district heating systems is proposed. This model includes indicators of the current status of heat sources, networks and heat consumers, energetic and economic models, restrictions, procedure of forming and analysis of the mutual influence of the recommended projects. The quantitative data on indicators of the current state of district heating systems of the cities of Ukraine are presented. The interrelation between indicators of the current state and projects of energy efficient modernization of district heating systems is shown. Assessment of energy self-sufficiency of municipal district heating systems on condition of thermal modernization of buildings is carried out. The creation of energy management systems at the district heating enterprises is proposed. *Bib. 6, Fig. 7, Tab. 5.*

Key words: district heating systems, energy efficiency, energy management.

References

1. Nikitin Ye.Ye. Povyshenye enerhetycheskoy effektivnosti system tsentralizovannoho teplosnabzheniya, Autoreferat dis. ... dokt. tehn. nauk, Kiev, 2015, 22 p. (Rus.)
2. Heat Roadmap Europe 2050. Study for the EU27. Performed by Aalborg University, Halmstad University and Plan Energy. — <http://www.euroheat.org>.
3. Perspektivi rozvitku bioenergetiki yak instrumentu zamishhennja prirodnogo gazu v Ukraini. Analitichna zapiska BAU № 12. — <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-12-ua.pdf>.
4. Nikitin E.E. Optimizacija vybora energojeffektivnyh proektov modernizacii sistem teplosnabzhenija v uslovijah finansovyh ogranicenij, *Problemi zagal'noi energetiki*, 2011, (3), pp. 25–32. (Rus.)
5. Nikitin E.E. Sozdanie sistem jenergeticheskogo menedzhmenta v sfere teploobespechenija naselennyh punktov, *Energetika: Ekonomika, Tehnologii, Ekologija*, 2012, (2), pp. 61–69. (Rus.)
6. DSTU ISO 50001:2014. Energozberezhennja. Sistemi energetichnogo menedzhmentu. Vimogi ta nastanova shhodo vikoristannja. — Nakaz Minekonomrozvytku Ukrai'ny vid 16 veresnja 2014 r. № 1111 z 01.01.2015

Received June 1, 2017