

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

УДК 620:621.31

С.В. ДУБОВСКОЙ, д-р техн. наук, **М.Е. БАБИН**, **А.П. ЛЕВЧУК**, канд. техн. наук,
В.А. РЕЙСИГ, д-р техн. наук
Институт общей энергетики НАН Украины, г. Киев

ГРАНИЦЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

На примере модельного района определены границы экономической целесообразности применения современных систем индивидуального и централизованного теплоснабжения на основе газовых котлов в широком диапазоне изменения цен на топливо.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, индивидуальное теплоснабжение, теплоплотность, ГВС, газ, котлы

В последнее время в связи с тенденцией перехода на системы индивидуального теплоснабжения не только одноэтажных, но и многоэтажных домов, ставится вопрос о соответствии её реальным затратам. Наличие такой тенденции объясняется как недостатками существующих систем централизованного теплоснабжения (СЦТ), так и не вполне экономически обусловленным положением с ценообразованием на природный газ. Известно, что во многих странах Европы, США цены на природный газ падают с ростом объемов его потребления, что обусловлено соответствующими затратами на его транспорт и распределение. Так, например, в Польше 1000 м³ газа для котельной стоит 130 USD, а для бытового потребителя – 450 USD [1]. В то же время в Украине существует противоположный порядок тарификации, предполагающий рост тарифов с ростом потребления газа. Такой порядок создает экономические преимущества для систем индивидуального теплоснабжения.

Существенным является и то, что в настоящее время при рассмотрении вариантов теплоснабжения проводят сравнение с технико-экономическими показателями существующих СЦТ, тогда как более правильно прово-

дить сравнение с показателями модернизированных СЦТ, выполненных на современном техническом уровне.

Объективному сравнению также мешает несовершенная система цен (тарифов) на топливо и электроэнергию, сложившаяся вследствие практики перекрестного субсидирования бытовых потребителей за счет промышленных. В связи с этим объективное сравнение таких систем представляется возможным по критерию реальной стоимости тепловой энергии без учета факторов перекрестного субсидирования.

В этой работе и ее выводах использован широко применяемый в настоящее время в энергетике метод стоимости жизненного цикла (СЖЦ) [2].

Основная цель настоящей работы состоит в оценке реальных затрат на теплоснабжение потребителей от реконструированных систем СЦТ и индивидуальных систем теплоснабжения на основе квартирных генераторов теплоты. Предполагается рассмотрение района жилой застройки с различной преобладающей этажностью и различной численностью населения с учетом климатических отличий (расчетная температура систем отопления, продолжительность отопительного сезона и др.), свойственных каждому региону Украины, а также теплотехнических свойств жилых зданий.

© С.В. ДУБОВСКОЙ, М.Е. БАБИН, А.П. ЛЕВЧУК,
В.А. РЕЙСИГ, 2011

Для удобства сравнения экономических и экологических показателей рассматриваемых систем отопления геометрические параметры модельного района приняты кратными аналогичным параметрам в работе [3], где рассмотрены экологические последствия централизации-децентрализации теплоснабжения.

Аналогичный подход приведен в работах [4, 5], где проводился технико-экономический анализ вариантов оптимального тепло- и электроснабжения небольшого города с использованием больших, малых и средних ТЭЦ, а также отдельного тепло- и электроснабжения с использованием котельных и электроэнергии АЭС и КЭС.

Форма рассматриваемого района застройки – квадратная, длина и ширина – 2500 м. Этажность – от 1 до 24, теплотехнические характеристики зданий принимались по данным типовых проектов домов соответствующей этажности, а также на основании нормативных теплотехнических характеристик [6], учитывающих срок ввода зданий в эксплуатацию, возможность утепления зданий при реконструкции жилья.

При этом в соответствии с работой [7] учитывались затраты на теплоснабжение не только жилищного фонда, но и зданий социально-бытового назначения.

Предполагалось, что основным теплоисточником СЦТ района служит котельная на природном газе, расположенная вблизи газораспределительной станции (ГРС) высокого давления на окраине района. Система теплоснабжения построена на основе новых технологий, а именно, с использованием предварительно изолированных трубопроводов бесканальной прокладки и индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) на каждый дом.

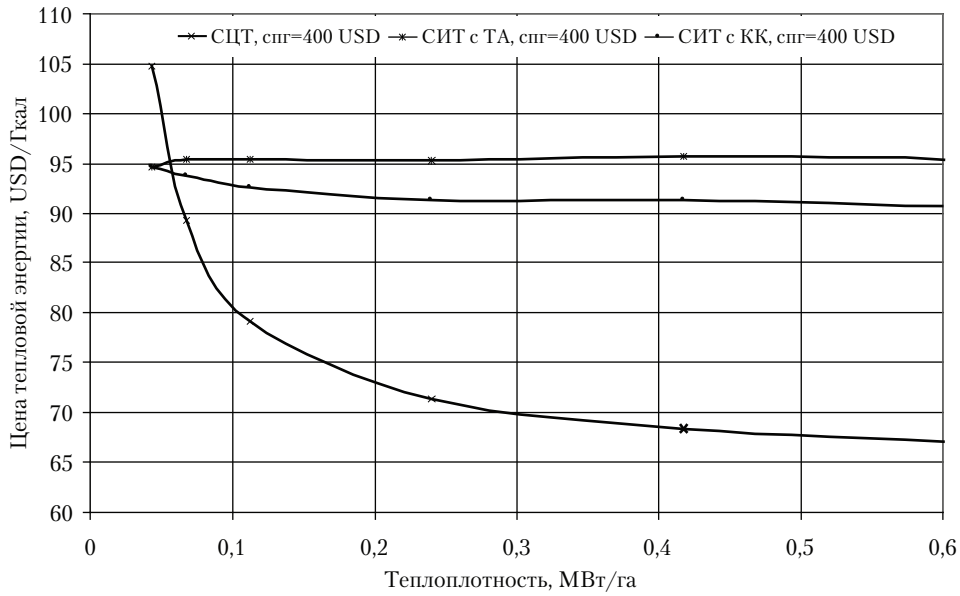
В расчете СЖЦ систем централизованного теплоснабжения учитывались капитальные затраты на строительство котельной, прокладку тепловых сетей, создание тепловых пунктов и соответствующие эксплуатационные затраты на содержание котельной и тепловой сети.

В расчете приняты две системы индивидуального теплоснабжения (СИТ) (отопление и горячее водоснабжение): одна основана на поквартирных котлах комбинированного типа (СИТ с КК) и другая, состоящая из отопительного котла с тепловым аккумулятором (СИТ с ТА), рассчитанным на нужды горячего водоснабжения. СИТ с КК включают двухконтурный отопительный котел мощностью 24 кВт, а СИТ с ТА – отопительный котел мощностью 6 кВт с тепловым аккумулятором.

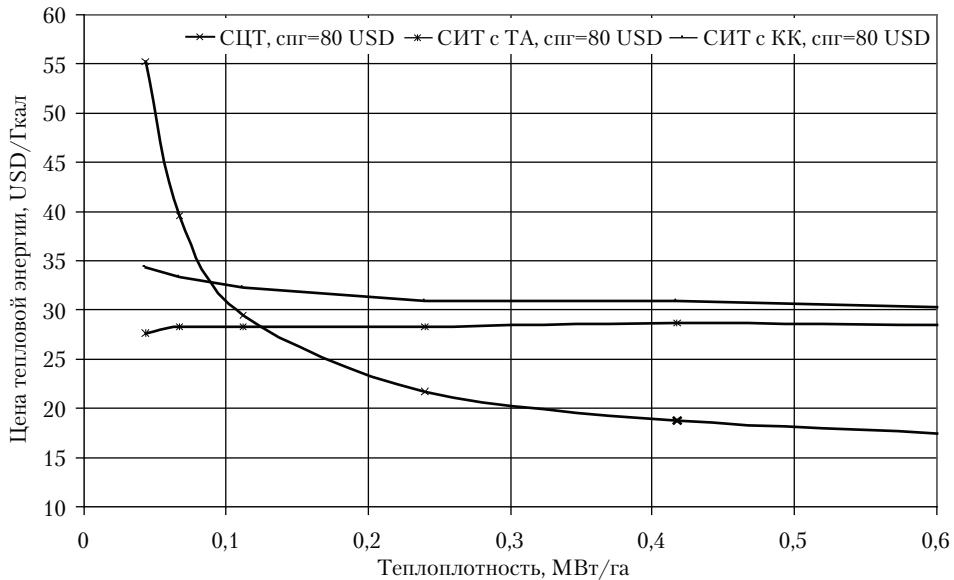
При расчетах приняты следующие статистические данные, характерные для Украины:

Таблица 1

Системы теплоснабжения	Цена природного газа, USD	Плотность нагрузок, МВт/га									
		1,67	1,25	1,04	0,83	0,63	0,42	0,24	0,11	0,07	0,04
СЦТ	37	9,13	9,52	9,82	10,25	10,94	12,23	15,23	22,96	33,10	48,67
СИТ с ТА	37	17,95	18,05	18,12	18,22	18,38	18,65	18,22	18,31	18,26	17,62
СИТ с КК	37	21,00	21,25	21,43	21,68	22,07	22,76	22,80	24,15	25,25	26,20
СЦТ	80	15,67	16,06	16,36	16,79	17,47	18,76	21,77	29,49	39,64	55,21
СИТ с ТА	80	27,95	28,05	28,12	28,22	28,38	28,65	28,22	28,31	28,26	27,62
СИТ с КК	80	29,12	29,36	29,54	29,80	30,18	30,87	30,92	32,27	33,37	34,31
СЦТ	150	26,30	26,70	27,00	27,43	28,11	29,40	32,41	40,13	50,28	65,85
СИТ с ТА	150	42,62	42,72	42,80	42,90	43,05	43,33	42,90	42,98	42,94	42,29
СИТ с КК	150	42,32	42,57	42,75	43,00	43,39	44,08	44,12	45,47	46,57	47,52
СЦТ	300	49,66	50,06	50,36	50,79	51,48	52,77	55,76	63,48	73,62	89,18
СИТ с ТА	300	74,07	74,17	74,24	74,34	74,50	74,77	74,34	74,42	74,38	73,74
СИТ с КК	300	70,62	70,87	71,05	71,30	71,69	72,38	72,42	73,77	74,87	75,82
СЦТ	400	65,28	65,67	65,97	66,40	67,09	68,39	71,38	79,09	89,23	104,79
СИТ с ТА	400	95,03	95,13	95,20	95,30	95,46	95,73	95,30	95,39	95,34	94,70
СИТ с КК	400	89,49	89,73	89,92	90,17	90,56	91,24	91,29	92,64	93,74	94,69



а



б

Рис. 1. Изменение удельных затрат жизненного цикла от плотности тепловых нагрузок для рассматриваемых систем теплоснабжения при различных ценах на природный газ: а – 400 USD/m³, б – 80 USD/m³

средний состав семьи, согласно статистическим данным – 2,65 человека, средняя обеспеченность жилой площадью – 21 м²/чел. [8], нормативная средняя мощность ГВС – 0,33 кВт/чел. [7]. Нормативы потребления газа на отопление, ГВС и пищеприготовление принимаются согласно постановлению [9].

Предполагалось, что рассматриваемые СИТ потребуют перекладки сетей газоснабжения района с применением индивидуальных газораспределительных пунктов (ИРП) на каждый дом.

В расчете СЖЦ систем индивидуального теплоснабжения учитывались капитальные затраты на их создание, перекладку системы газоснабжения района на сеть среднего давления, эксплуатационные затраты.

Расчет систем теплоснабжения и газоснабжения производился по методикам, описанным в работах [7, 10], при этом данные об удельных затратах в трубопроводах, распределительных узлах, оборудовании котельных и т.п. приняты по результатам обобщения большого числа

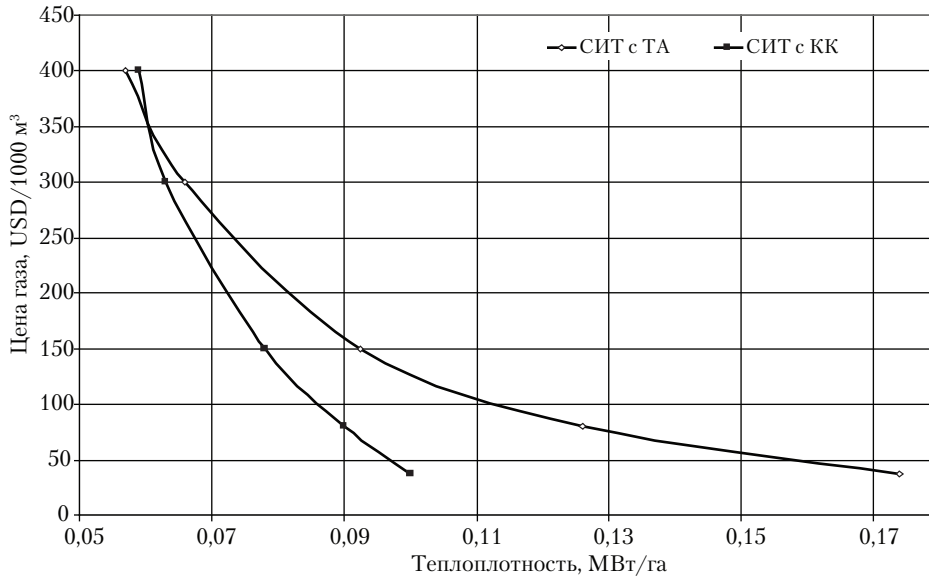


Рис. 2. Границы экономической целесообразности применения индивидуальных систем теплоснабжения в зависимости от изменения теплоплотности района при изменении цен на природный газ

проектов, реализованных в последние годы [11–14].

Расчет индивидуальных систем теплоснабжения производился с учетом литературных данных, обобщающих опыт применения таких систем [15–18], а также фактических расценок газовых сервисных компаний на обустройство и сервисное обслуживание индивидуальных систем теплоснабжения.

Расчет осуществлялся в широком диапазоне изменения цен на природный газ высокого давления, подаваемый на ГРС: от 37 до 400 USD/1000 м³.

Основные результаты расчета зависимости удельных затрат жизненного цикла (USD/Гкал) от теплоплотности района застройки для рассматриваемых систем теплоснабжения при различных ценах на природный газ высокого давления представлены в табл. 1 и иллюстрированы рис. 1.

Ориентировочная зависимость теплоплотности района жилой застройки от преобладающей этажности, полученная на основе обработки данных по характерным районам жилой застройки населенных пунктов Украины, представлена в табл. 2.

Анализируя полученные результаты расчетов, следует отметить, что при значениях теплоплотности 0,13 МВт/га и выше, что соответствует преобладающей этажности, равной или большей 3 (рис. 1 б), реконструированные СЦТ выигрывают по экономическим характеристикам у систем индивидуального теплоснабжения при любых ценах на природный газ, и с увеличением цены на него эффективность СЦТ растет (рис. 1 а). Это объясняется тем, что КПД крупных котельных, даже с учетом потерь в тепловых сетях (напомним, что в расчете учитывались современные тепловые сети с потерями около 4 ... 6 %), выше, чем у котла автономной системы теплоснабжения. Это вполне согласуется с результатами технико-экономических сопоставлений, выполненных специалистами – фундаторами существующих СЦТ.

Границы равноэкономичности СИТ с ТА и СЦТ (верхняя кривая) и СИТ с КК и СЦТ (нижняя кривая) в зависимости от теплоплотности района при различных ценах на природный газ высокого давления представлены на рис. 2.

Сравнение систем индивидуального теплоснабжения (рис. 2) с комбинированным котлом, обеспечивающим отопление и горячее водо-

Таблица 2

Преобладающая этажность	24	16	9	7	6	5	4	3	2	1
Теплоплотность, МВт/га	1,1–1,7	1–1,45	0,75–0,92	0,58–0,82	0,47–0,64	0,29–0,47	0,17–0,23	0,15–0,1	0,08–0,05	0,05–0,03

снабжение квартир, и с отопительным котлом и тепловым аккумулятором горячего водоснабжения в условиях малоэтажной застройки (рис. 2) приводит к следующим результатам.

При высоких ценах на природный газ (350 USD/1000 м³ и выше) системы с комбинированным котлом эффективнее систем с тепловым аккумулятором, а при более низких ценах на природный газ более экономичны системы с тепловым аккумулятором.

При цене на природный газ 350 USD/1000 м³ экономическая эффективность СИТ с ТА и СИТ с КК выравнивается, и их стоит использовать при преобладающей этажности 1, при этом системы СИТ с ТА эффективнее использовать при ценах на природный газ ниже 350 USD/1000 м³ (300 ... 120 USD/1000 м³ – для преобладающей этажности, равной или меньшей 2; 120 USD/1000 м³ и ниже для преобладающей этажности, равной или меньшей 3), а при ценах на природный газ выше 350 USD/1000 м³ более эффективно использовать СИТ с КК (350 ... 400 USD/1000 м³ – для преобладающей этажности, равной 1).

Хотя различия себестоимости тепла от СИТ с ТА и СИТ с КК в диапазоне изменения цен на газ от 150 до 400 USD/1000 м³ составляют от 10 до 1 % (табл. 1), на выбор той или иной системы в домах малоэтажной застройки будут влиять другие, неэкономические факторы.

Здесь следует отметить, что в системах комбинированного теплоснабжения на отопление в условиях всех регионов Украины достаточно около 4 кВт установленной тепловой мощности, а на отопление с одновременным горячим водоснабжением требуемая установленная мощность составляет 24 кВт. При этом большую часть времени суток и года комбинированные котлы должны работать на пониженных нагрузках в тяжелом повторно-кратковременном режиме с низкой продолжительностью включения [19]. Это сокращает срок их жизненного цикла с 25 до 10...15 лет, что также учитывалось при проведении расчетов.

Вопросы, связанные с рассмотрением экономичности систем теплоснабжения с использованием домовых и квартальных котельных, СИТ и СЦТ на основе котлов с конденсацией выхлопа, низкотемпературных систем индивидуального теплоснабжения, не затрагивались в данной статье как требующие отдельного рассмотрения.

В проведенных расчетах и анализе бралась во внимание только одна сторона проблемы – экономическая, но есть еще экологическая, связанная с уровнем приземных концентраций вредных веществ, которые для поквартирных систем по сравнению с СЦТ увеличиваются в 20 раз [3]. Есть также и энергетическая сторона проблемы, а именно то, что поквартирные системы теплоснабжения не способствуют развитию когенерационных систем теплоснабжения в жилищно-коммунальном секторе.

В этой связи следует отметить, что в промышленно-развитых странах мира уклон сделан в сторону развития СЦТ (конечно, на современных типах оборудования в отличие от подавляющего большинства украинских СЦТ, требующих существенной модернизации) благодаря целому ряду их преимуществ по сравнению с системами децентрализованного теплоснабжения [20].

ВЫВОДЫ

1. Основным фактором, определяющим целесообразность применения тех или иных систем теплоснабжения, является плотность населения данного населенного пункта и площадь его селитебной территории.

2. В населенных пунктах с плотностью населения от 0,8 до 1,6 тыс./км², что соответствует 1–3 этажной жилой застройке, экономически целесообразно применение индивидуального теплоснабжения на базе поквартирных генераторов тепла.

3. При больших плотностях населения, начиная с этажности застройки 3 и выше, экономически и экологически целесообразно применение систем централизованного теплоснабжения.

1. *Малиновський Б.* Скільки коштує тепло: [Електронний ресурс]. – <http://www.dt.ua/2000/2675/64113>.

2. *Щуровський В.А.* Применение показателя стоимости жизненного цикла ГТУ // Газотурбинные технологии. – 2002. – № 5. – С. 30–31.

3. *Чистович А.С.* Экологическая оценка степени централизации-децентрализации теплоснабжения при сжигании газа // Теплоэнергоэффективные технологии. – 2003. – № 3. – С. 31–36.

4. *Волкова Е.А., Панкрушина Г.Г., Шульгина В.С.* Эффективность некрупных коммунально-быто-

- вых ТЭЦ и рациональные области их применения // Электрические станции. – 2010. – № 7. – С. 2–10.
5. Волкова Е.А., Макарова А.С., Хоршев А.А. Исследование эффективности развития теплофикации в России // Изв. Рос. акад. наук. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 95–110.
6. *Норми та вказівки про нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарські потреби в Україні.* КТМ – 204 України 244-94. / Затверджено наказом Держкомунгоспу України № 24 від 14.12.2003 р. – 617 с.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
8. *Статистичний щорічник України за 2005 рік / Держкомстат України.* За ред. Осауленка О.Г. – К.: Консультант, 2006. – 575 с.
9. *Постанова НКРЕ від 13.07.2010 № 812 “Про затвердження роздрібних цін на природний газ, що використовується для потреб населення”.*
10. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
11. Соколов Е.Я., Побегаева Г.А. Определение материальной характеристики тепловых сетей // Изв. Вузов СССР. Энергетика. – 1984. – № 7. – С. 87–90.
12. Соколов Е.Я., Побегаева Г.А. Метод определения материальной характеристики и протяженности тепловой сети в пределах площади застройки района теплоснабжения // Изв. Вузов СССР. Энергетика. – 1985. – № 3. – С. 63–68.
13. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города. – Хабаровск: Изд. Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. – 135 с.
14. *Техническое задание на разработку инвестиционной программы муниципального унитарного предприятия “Теплосеть” по развитию системы теплоснабжения города Ставрополя на 2006–2009 годы: Приложение к Решению Ставропольской городской Думы от 28 июня 2006 года.* – № 57.
15. Корсунский В.Х., Корсунский И.В. Экономические аспекты проблемы реконструкции систем теплоснабжения // Мат. конф. “Системы теплоснабжения. Современные решения”. 16–18 мая 2006 г. НП “Российское теплоснабжение”.
16. Скоробогаткина М. Центральное и автономное отопление // Коммунальный комплекс России. – 2006. – № 9. – С. 48–51.
17. Семенов В.Г., Разоренов Р.Н. Децентрализованное теплоснабжение на примере г. Смоленска: [Электронный ресурс]. – // http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon/php?id=90.
18. Автономные или централизованные системы отопления и теплоснабжения – проблемы выбора: [Электронный ресурс]. – // www.cogeneration.ru/tech_real/stirling.html.
19. Бабін М.Є., Григор'єв Р.В., Дубовський С.В., Левчук А.П. Річна ефективність використання палива індивідуальними газовими котлами // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – Вип. 3 (23). – С. 34–40.
20. Дубовський С.В. Стан та тенденції розвитку теплопостачання країн центральної Європи // Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. – К., 2007. – Т. 2. – С. 659–702.

Надійшла до редколегії: 15.02.2011