

**Н. В. Цопа**

доктор экономических наук, профессор,
заведующая кафедрой экономики и организации
производства, Национальная академия
природоохранного и курортного строительства,
Симферополь, Украина
Natasha-ts@yandex.ru

УДК 338.45:621.311

**Н. Б. Зелинская**

инженер, Севастопольский институт банковского
дела Украинской академии банковского дела
Национального банка Украины,
Симферополь, Украина
zelynskaya@gmail.com

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ (НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЯ)

Аннотация. В статье развит подход к оценке экономической эффективности методов теплоснабжения потребителей тепловой энергии с учетом экологической составляющей, направленный на снижение потребления энергоресурсов. Рассчитаны экономико-экологические показатели перевода потребителей предприятий теплоснабжения на различные варианты отопительных систем. Обоснована экономическая и экологическая эффективность децентрализации системы теплоснабжения как альтернативного метода теплоснабжения на примере Севастополя.

Ключевые слова: теплоснабжение, методы, экономическая эффективность, экологическая эффективность, энергобережение.

Н. В. Цопа

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки та організації виробництва,
Національна академія природоохоронного та курортного будівництва, Симферополь, Україна

Н. Б. Зелинская

інженер, Севастопольський інститут банківської справи Української академії банківської справи
Національного банку України, Симферополь, Україна

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ (НА ПРИКЛАДІ СЕВАСТОПОЛЯ)

Анотація. У статті розвинено підхід до оцінки економічної ефективності методів теплопостачання споживачів теплової енергії з урахуванням екологічної складової, спрямований на зниження споживання енергоресурсів. Розраховано економіко-екологічні показники переведення споживачів підприємств теплопостачання на різні варіанти опалювальних систем. Обґрунтовано економічну та екологічну ефективність децентралізації системи теплопостачання як альтернативного методу теплопостачання на прикладі Севастополя.

Ключові слова: теплопостачання, методи, економічна ефективність, екологічна ефективність, енергозбереження.

Natalya Tsopa

D.Sc. (Economics), Professor, Head of Department of Economics and Organization of Production,
National Academy of Nature Protection and Resort Building, Simferopol, Ukraine
181 Kievskaya Str., Simferopol, 95493, Ukraine

Natalya Zelynska

Engineer, Sevastopol Institute of Banking of University of Banking of the National Bank, Sevastopol, Ukraine
18/1 Kolobov Str., 39, Sevastopol, 99038, Ukraine

ESTIMATION OF HEATING METHODS ECONOMIC EFFICIENCY FOR HEAT CONSUMERS (ON THE EXAMPLE OF SEVASTOPOL)

Abstract. Introduction. In modern conditions we constantly see the increasing of energy prices. So it is necessary to use rational the energy resources by heating enterprises. **Purpose.** Development an approach to evaluation the economic efficiency of heat supply methods of thermal energy. This approach takes into account the environmental component which aims to reduce energy consumption. **Methods.** Generalization the Ukrainian and foreign experience was used. Economic and environmental efficiency of heating methods were calculated. **Results.** In the article the economic and environmental indicators load transfer of heat supply companies on various types of heating systems on example of Sevastopol were calculated. It was shown that transition from centralized to individual heating saves 27.6% of the fuel (natural gas), which is 29.16 thousand m³, or 56.7 million m³ per year. Take into account, that there is a difference in gas tariffs for heating supply enterprises, the fuel economy when using individual heating will be amounted 27.56% a year. The energy costs will be reduced by 150 million UAH per year. Emissions of carbon monoxide will reduce by 76.8%, and nitrogen oxide – by 49.3% with decentralization of heat supply system. **Conclusion.** The research and data calculations that were undertaken revealed the economy and eco-efficiency of decentralized heating system in Sevastopol as an alternative heating method for heat consumers.

Keywords: heating; methods; economic efficiency; eco-efficiency; energy saving.

JEL Classification: P31, Q41

Постановка проблеми. В сучасних умовах неуклонного росту цін на енергоносії потреба в енергетичних ресурсах підприємствами теплоснабження потребує, в першу чергу, їх раціонального використання. Зниження ефективності централізованого теплоснаб-

ження викликає необхідність вибору альтернативних методів надання потребителям теплової енергії. Згідно Закону України «О теплоснабженні» існують три моделі теплоснабження – децентралізована, умовно-централізована і централізована [1]. С нача-

ла 60-х годов XX века теплоснабжение городов осуществлялось исходя из принципа максимальной централизации источников тепла, что требовало строительства минимального количества котельных большой мощности. Принцип применялся для всех городов страны независимо от климатических условий, однако он не был реализован в Севастополе по причине его сложного рельефа (перепад высот более 180 м). Поэтому в настоящее время в городе функционирует более ста котельных вместо традиционных двух-трех, как предусматривалось по нормам проектирования теплоснабжения городов. В связи с этим необходимой становится разработка подхода к оценке экономической эффективности методов теплоснабжения потребителей тепловой энергии на основе расчета экономико-экологических показателей и применение на практике наиболее эффективного метода.

Анализ последних исследований и публикаций.

Проблемы рационального использования энергоресурсов и внедрения энергосбережения на промышленных предприятиях поднимаются в работах А. И. Амоши, С. П. Денисюка, Ю. С. Железко, В. Лукошевичюса [2]. Однако при этом вопросам развития механизма энергосбережения на предприятиях теплоснабжения уделяется недостаточно внимания. В настоящее время до сих пор применяются методики расчета экономико-экологических показателей вариантов теплоснабжения, разработанные Госкомитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Зарубежные же методики требуют соответствующей адаптации. Учет затрат энергоресурсов, оценка степени их влияния на окружающую среду с целью формирования механизма энергосбережения на предприятиях является актуальной темой исследования.

Среди европейских ученых, занимающихся вопросами развития теплоэнергетики, можно отметить английских специалистов А. Кларка и Д. Триннаман (Clarke & Trinna-man, 2004) [3], а также финского специалиста Арто Нуоркиви (Nuorkivi, 2012), который сосредоточил внимание на процессах когенерации [4]. Следует подчеркнуть, что опыт скандинавских стран (Финляндия, Дания, Швеция) по вопросу организации и повышения эффективности теплоснабжения крупных городов представляет особый интерес как в целом для Украины, так и в частности для Севастополя.

Цель статьи состоит в развитии подхода к оценке экономической эффективности методов теплоснабжения потребителей тепловой энергии с учетом экологической составляющей, направленного на снижение потребления энергоресурсов в городах.

Основные результаты исследования. Одной из главных задач при решении проблемы энергосбережения является совершенствование системы теплоснабжения. Альтернативные методы теплоснабжения потребителей энергоресурсов состоят в применении наряду с централизованным децентрализованного и умеренно-централизованного теплоснабжения. В Севастополе в настоящее время централизованное теплоснабжение города осуществляют предприятия: КП «Севтеплоэнерго» СГС – 89,18%; ООО «СГС ПЛЮС» (Севастопольская ТЭЦ) – 10,82%; автономные котельные с разной формой собственности. Мощность собственных источников теплоты КП «Севтеплоэнерго» СГС составляет 756 МВт. Тепловая энергия для централизованного отопления производится на 97 теплоисточниках. Установленная тепловая мощность Севастопольской ТЭЦ –

178,3 МВт*час. Централизованным теплоснабжением обеспечивается 5425 тыс. кв. м жилой площади (65% всего жилого фонда) и 1288 тыс. кв. м площади общественных зданий (практически все общественные здания бюджетов разных уровней). Горячим водоснабжением пользуются 186 тыс. чел. и часть общественных зданий города.

Для оценки экономической эффективности методов теплоснабжения потребителей тепловой энергии в качестве исходных данных для расчетов выбраны основные показатели оценки (климатические особенности исследуемой территории, количество жителей, площадь, протяженность сетей и их эксплуатационные характеристики, потребность в воде на подпитку и хозяйственные нужды, расход топлива, химическое загрязнение атмосферы выбросами от применяемого оборудования), а также разработана методика расчетов, позволяющая проводить сравнительный анализ вариантов решения вопроса относительно теплоснабжения и снижения выбросов в окружающую природную среду.

Авторы провели сравнительный анализ технологических и экологических показателей по двум вариантам теплоснабжения города: отопление и горячее водоснабжение жителей от существующей центральной котельной и децентрализация системы теплоснабжения путем индивидуального отопления каждой квартиры газовым двухконтурным отопительным котлом. Для расчета принимаем: газовые двухконтурные турбокотлы на BerettaCiao 24 CSI турбо с диапазоном регулирования номинальной мощности от 7,5 кВт до 25 кВт; усредненное значение номинальной тепловой мощности в объеме 22 кВт. Исходные данные сведены в табл. 1.

Сравнительный расчет часовых расходов газа для централизованного и индивидуального отопления. Для определения часового расхода газа при централизованном теплоснабжении необходимо вычислить количество теплоты, необходимое для отопления и горячего водоснабжения исследуемой территории. Для этого подсчитывают среднечасовой расход горячей воды по адаптированной методике определения тепловых нагрузок потребления, изложенной в [5].

В результате проведенных расчетов нами установлены следующие показатели. Среднечасовой расход горячей воды за сутки наибольшего водопотребления равен 1280,00 м³/ч, максимальный часовой расход – 2688,00 м³/ч. Среднечасовой и максимально часовой расчетные расходы теплоты на горячее водоснабжение соответственно составляют 74 432,00 кВт/ч и 156 307,0 кВт/ч.

Для определения часовой нагрузки по отоплению мы использовали усредненные показатели потребления

Таблица 1

Исходные данные для расчета эффективности централизованного и индивидуального теплоснабжения

Показатель	Кол-во	Ед. изм.
Расчетное число потребителей	256 000	чел.
Отапливаемая жилая площадь	5 425 000	м ²
Расчетная зимняя температура наружного воздуха	-11	°С
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	4,4	°С
Количество квартир (котлов)	111 180	шт.
Номинальная тепловая мощность котла	22	кВт
Продолжительность работы системы горячего водоснабжения (ГВС)	350	суток
Продолжительность отопительного периода	137	суток
Низшая рабочая теплота сгорания газа	9,8855	кВт
КПД котельных	87,00	%
КПД котлов	93,00	%

Источник: Авторская разработка

Таблица 2

Сравнение расчетных показателей для двух вариантов теплоснабжения (на примере Гагаринского района Севастополя)

Показатель	Централизованное теплоснабжение	Индивидуальное теплоснабжение	Экономический эффект
Часовой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	105 650,58	76 490,17	65839,59
Годовой расход газа, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	205 751,20	149 055,86	56695,34
Стоимость потребленного газа, тыс. грн.	269 369,47	118 946,58	150422,89

Источник: Авторская разработка

тепловой энергии жилыми зданиями города Севастополя. По нашим расчетам, максимальный часовой расход теплоты для отопления жилых зданий составит 596 750,00 кВт. Рассчитанный расход теплоты на хозяйственно-бытовые нужды определен как доля годового расхода и достигает 63 107,09 кВт в час.

Часовые расходы газа рассчитываются в соответствии с существующими нормативными документами [6]. Максимальный часовой расход газа для котельной составляет 105 650,58 $\text{м}^3/\text{ч}$. При этом учтены потери тепла в сетях при транспортировке к потребителю, которые для города равны 11,33%. Максимальный часовой расход газа для индивидуального поквартирного отопления – 76 490,17 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Экономия топлива при использовании индивидуального теплоснабжения в час составит 27,60%.

Сравнительный расчет годовых расходов газа для централизованного и индивидуального отопления. Годовые расходы газа определяются нами на основе часовых показателей расхода топлива с учетом климатических характеристик местности, расчетных сезонных температур и продолжительности отопительного периода.

Годовые расходы теплоты на отопление и горячее водоснабжение на хозяйственно-бытовые нужды [6] были исчислены согласно методике [7].

Для централизованного теплоснабжения годовой расход тепла на приготовление горячей воды ($Q_{\text{гв}}^{\text{год}}$) можно рассчитать таким образом:

$$Q_{\text{гв}}^{\text{год}} = 24nQ_{\text{гв}}^{\text{ч}} + 0,8 \cdot 24 \cdot Q_{\text{гв}}^{\text{ч}} (T \cdot n) = 549\,129\,523,20 \text{ кВт},$$

где n – 137 дней отопительного периода (определено по СНИП климатологии); T – продолжительность работы системы горячего водоснабжения (350 дней с вычетом двух недель на ремонт и ТО); $Q_{\text{гв}}^{\text{ч}}$ – средний часовой расход теплоты на приготовление горячей воды.

Годовая нагрузка по отоплению будет равна:

$$Q_{\text{отопл}}^{\text{год}} = 24nQ_{\text{отопл}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{ср}}^{\text{нар.с}}) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{п}}^{\text{нар.с}}) = 920\,163\,806,9 \text{ кВт},$$

где $Q_{\text{отопл}}$ – часовой расход теплоты на централизованное отопление.

Годовая нагрузка на хозяйственно-бытовые нужды составляет:

$$Q_{\text{отопл}}^{\text{год}} = N \cdot Q_{\text{х/б}}^{\text{нел}} = 300\,246\,240,00 \text{ кВт},$$

где $Q_{\text{х/б}}^{\text{нел}}$ – норма расхода теплоты на хозяйственно-бытовые нужды на одного человека в год при централизованном горячем водоснабжении и отоплении ($Q_{\text{х/б}}^{\text{нел}} = 777,78 \text{ кВт}$ и $Q_{\text{х/б}}^{\text{инд.о}} = 2\,222,2 \text{ кВт}$) [6]; N – количество жителей (186 тыс. чел. из 256 тыс. чел. обеспечены централизованным горячим водоснабжением).

Далее на основе существующих нормативов [6] мы определили годовой расход газа для котельной. Он составил 205 751,20 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$.

По нашим расчетам, для индивидуального теплоснабжения годовая нагрузка по отоплению равна 801 458 435,42 кВт, на хозяйственно-бытовые нужды (в том числе приготовление горячей воды) – 568 888 832,00 кВт. Расход газа в год при использовании индивидуального отопления составит 149 055,86 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$, экономия топлива – 27,56%.

Сравнение расчетных показателей для двух вариантов теплоснабжения города – при централизованном теплоснабжении сетью существующих районных котельных и при переходе на индивидуальное поквартирное отопление – представлено в табл. 2.

Таким образом, можно сделать вывод, что при переходе с централизованного на индивидуальное отопление экономия топлива будет на уровне 27,6%, что составит 29,16 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$, или 56,7 млн. $\text{м}^3/\text{год}$. При существующей разнице в тарифах на газ – 1309,2 грн. за 1000 м^3 для предприятий теплоэнергетики и 798 грн. за 1000 м^3 для населения – затраты на энергоресурсы снизятся на 150 млн. грн. в год.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ от теплогенерирующих установок централизованного и индивидуального отопления и учета их воздействия на экологические показатели нами адаптированы методики по гидрометеорологии и контролю природной среды, которые предусматривают расчет при сжигании природного газа двух основных загрязняющих веществ (ЗВ): диоксида азота (NO_2) и диоксида углерода (CO_2). Данный выбор обусловлен тем, что основным видом топлива для теплоснабжения города Севастополя является природный газ, который используется на 66 котельных и ТЭЦ. Для расчета количества выбросов ЗВ используем методику «Расчет выбросов загрязняющих веществ от котлов тепловых электростанций». Эта методика, включающая расчет выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами, была разработана Госкомитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в 1988 г.

При переходе на индивидуальное теплоснабжение условно принимаем газовые двухконтурные котлы VerettaCiao 24 CSI турбо с диапазоном регулирования номинальной мощности от 7,5 кВт до 25 кВт, которые способны обеспечить теплом квартиру 100 м^2 и горячей водой среднестатистическую семью (3–4 человека). При расчете используется методика «Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т пара в час или 25 МВт». Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Другая, усовершенствованная методика впервые предложена и разработана на основе ЕМЕП/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook [8]. Она предполагает определение количества загрязняющих веществ путем расчета удельного показателя эмиссии загрязняющего вещества.

Таблица 3

Сравнение расчетных объемов выбросов загрязняющих веществ по методике «Расчет выбросов загрязняющих веществ от котлов тепловых электростанций»

Наименование	Централизованное теплоснабжение	Индивидуальное теплоснабжение	Экологическая эффективность, %
Оксид азота (NO_2), г/с	72,8	45,37	37,67
Оксид азота, т/год	510,34	318,3	37,63
Оксид углерода (CO), г/с	256,5	188,12	26,66
Оксид углерода, т/год	1 798,08	1 319,6	26,61

Источник: Авторская разработка

Таким образом, переход на индивидуальное теплоснабжение может снизить количество выбросов оксида углерода на 26,6%, а оксида азота – на 37,6%.

Результаты расчетов загрязняющих веществ для двух вариантов теплоснабжения города, проведенных по данной методике, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение расчетных объемов выбросов загрязняющих веществ по методике ЕМЕП/CORINAIR

Наименование	Централизованное теплоснабжение	Индивидуальное теплоснабжение	Экологическая эффективность, %
Оксид азота (NO ₂), г/с	104,46	52,94	49,32
Оксид азота, т/год	732,27	371,34	49,29
Оксид углерода (CO), г/с	259,83	60,20	76,83
Оксид углерода, т/год	1 821,52	422,27	76,82

Источник: Авторская разработка

Таким образом, при децентрализации системы теплоснабжения можно достичь снижения выбросов оксида углерода на 76,8%, а оксида азота на 49,3%.

Объемы выбросов оксида азота при централизованном теплоснабжении, определенные на основе расчета удельного показателя эмиссии ЗВ вещества (методика 2), превышают показатели, рассчитанные по методике, разработанной Госкомитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, на 17–43%. Показатели выбросов оксида углерода для поквартирного отопления составляют лишь 32% от советских нормативов.

Выводы. В результате проведенных исследований авторами усовершенствован подход к оценке экономической эффективности методов снабжения потребителей тепловой энергии на основе расчета экономико-экологических показателей их перевода на разные варианты отопительных систем. Данные расчетов выявили экономическую и экологическую эффективность децентрализации системы теплоснабжения как альтернативной модели снабжения тепловой энергией. Дальнейшим направлением исследований является поиск путей формирования оптимального организационно-экономического механизма энергосбережения на предприятиях теплоснабжения.

Литература

1. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 № 2633-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2633-15/page>
2. Лукошевичюс В. Регуляторные аспекты центрального отопления / В. Лукошевичюс, Л. Верринг. – Будапешт : ERRR, 2011. – 147 с.

3. Clarke A. World Energy Council Survey of Energy Resources / Alan Clarke, Judy Trinnaman. – London : Elsevier Science & Technology Book, 2004. – 449 p.

4. Nuorkivi A. Smart district heating from Finland [Electronic resource] / Arto Nuorkivi. – 2012. – Accessed mode : <http://www.slideshare.net/cleantechfinland/district-heating-by-arto-nuorkivi-bratislava-120808#btnNext>

5. Манюк В. И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский. – М. : Стройиздат, 1988. – 432 с.

6. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение. – К. : Госстрой Украины, 2001. – 289 с.

7. Николаев А. А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / А. А. Николаев. – М. : Стройиздат, 1965. – 360 с.

8. ЕМЕП/ЕЕА air pollutant emission inventory guidebook – 2009 [Electronic resource] / European Environment Agency. – Accessed mode : <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>

Статья поступила в редакцию 26.02.2014

References

1. The Verkhovna Rada of Ukraine (2005). *On Heat Supply* (Law of Ukraine). Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2633-15/page> (in Ukr.).
2. Lukoshevichus, V., & Verring, L. (2011). *Regulator aspects of the central heating*. Budapest: ERRR (in Russ.).
3. Clarke, A., & Trinnaman, J. (2004). *World energy council survey of energy resources*. London: Elsevier Science & Technology Book.
4. Nuorkivi, A. (2012). *Smart district heating from Finland*. Retrieved from <http://www.slideshare.net/cleantechfinland/district-heating-by-arto-nuorkivi-bratislava-120808#btnNext>
5. Maniuk, V., & Kaplinskiy, J. (1988). *Adjusting and exploitation of aquatic heating systems*. Moscow: Stroyizdat (in Russ.).
6. State building norms V.2.5-20-2001 (2001). *Gas-supplying*. Kiev: Gosstroy Ukrainy (in Russ.).
7. Nikolaev, A. (1965). *Reference book of designer. Planning of the heating systems*. Moscow: Stroyizdat (in Russ.).
8. European Environment Agency (2009). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009*. Retrieved from <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>

Received 26.02.2014

Передплатити науковий журнал
«Економічний часопис-XXI»
 через редакцію можна з будь-якого місяця року!