

1. *Rojas J. C., Gonzalez-Lima F.* Low-level light therapy of the eye and brain// *Eye and Brain*, 2011: 3, P.49-67.
2. *Пресман А.С.* Электромагнитные поля и живая природа М.: Наука, 1968.– 288с.
3. *Цуприк Г.Б.* Повышение эффективности электроретинографической системы / Г.Б. Цуприк, Р.А. Ткачук, Б.И. Яворский // *УСиМ.*– 2013.–№4(246).– С.33-40.
4. *Alpern M.* Relation of visual latency to intensity/ *AMA Arch Ophthalmol.*– 1954.– Vol. 51, №3.– P.369-374.
5. *Armstrong RA, Davies LN, Dunne MCM & Gilmartin B.* Statistical guidelines for clinical studies of human vision/ *Ophthalmic Physiol. Opt.*, 2011, 31, P.123-136.
6. *Yavorskyu B.* Application of the Principle of Symmetry for Synchronization of Biosignals in their Sample / *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science : 12th International Conference TCSET'2014, February 25 – March 1, 2014.*– Lviv-Slavske, 2014.– P. 714.
7. *Щербак Л.М.* Статистична фазометрія: наукова монографія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак.– Тернопільський державний технічний університет, 2009.– 383с.
8. *Щербак Л.М.* Застосування перетворення Гільберта у фазометрії / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак // *Технологические системы.*– 2004.– №2.– С.50-55.

Поступила 5.10.2015р.

УДК 681

И.А. Владимирский, г. Киев.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ИЗОЛЯЦИЮ ТРУБОПРОВОДОВ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ЦЕНТРА ЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Представлено методичні можливості, що дозволяють удосконалити отримання достовірних оцінок теплових втрат у системах міського централізованого теплопостачання за рахунок проведення вимірювань теплофізичних параметрів теплоносія в обраних точках теплової мережі.

Представлены методические возможности, позволяющие усовершенствовать получение достоверных оценок тепловых потерь в системах городского централизованного теплоснабжения за счет проведения измерений теплофизических параметров теплоносителя в выбранных точках тепловой сети.

Methodological opportunities which allow improving the reliability of heat losses estimates in municipal district heating are represented. These opportunities are based on the measurement of heat transfer fluid thermophysical parameters in selected points of the heat network.

Ключові слова: тепла мережа, теплові втрати.

Ключевые слова: тепловая сеть, тепловые потери.

Keywords: heat network, heat losses.

Введение и постановка задачи. Согласно требованиям [1] испытания городских тепловых сетей на тепловые потери должны проводиться каждые 5 лет. Для получения оценок величин фактических тепловых потерь применяются расчетные (по нормам удельных теплопотерь), измерительные (по результатам проведенных измерений величин теплового потока через изоляцию, расхода и температуры теплоносителя) и расчетно-измерительные методики [2-5].

Наиболее известной и официально признанной является советская методика [2]. Данной методикой предусмотрено путем формирования специального теплового режима функционирования источника теплоснабжения создание в сети тепловой волны и обеспечение ее достаточно медленного следования по испытываемому участку с целью достижения достаточно большого для достоверной регистрации перепада температуры Δt на концах участка, на котором тепловые потери ΔQ определяются по формуле:

$$\Delta Q = G \cdot \Delta t \cdot c, \quad (1)$$

где G и c - соответственно расход и теплоемкость теплоносителя.

Величина ΔQ пересчитывается на среднегодовые температурные условия работы тепловой сети и сравнивается с нормативными для данной сети тепловыми потерями. Отношение данных потерь - величина K - согласно методики, распространяется на не испытанные участки тепловых сетей с аналогичными диаметрами труб, типами изоляции, видами прокладки и сроками эксплуатации (однотипные участки).

Основным недостатком данной методики является необходимость вывода источника теплоснабжения и испытываемого участка тепловой сети из режима производственной эксплуатации, выполнение многочисленных переключений. Это часто создает серьезные организационные и технические трудности, связанные с износом оборудования, нехваткой персонала и времени на тепловые испытания из-за ремонтов теплосетей в летний период и т.д.. Исходя из этого востребованы методики испытаний без вывода тепловых сетей из режима производственной эксплуатации. К таким методикам относится и расчетно-измерительная методика [3].

Данная методика предназначена для оценки тепловых потерь не по участкам тепловой сети, а по всей зоне теплоснабжения от одного теплового источника. Измерительный характер методики обусловлен использованием показаний приборов учета тепловой энергии, имеющих на ее источнике и у ее потребителей. Таким образом подход опирается на применение стационарных аттестованных средств измерений. Потенциально это позволяет определять тепловые потери как разность отпущенной источником и принятой потребителями тепловой энергии. Однако из-за того, что практически приборы учета имеются далеко не у всех потребителей, методика дополнена расчетами с использованием нормативных тепловых

потерь. В связи с этим ее недостатком является приближенный характер результатов, вызванный вынужденным использованием нормативных теплопотерь вместо измеренных, а также трудность распространения результатов на не испытанные сети.

В данной статье представлены новые методические возможности, позволяющие преодолеть вышеприведенные недостатки существующих методик за счет применения специализированных высокоточных регистраторов температуры, таких как ИМРТ-1 разработки ИТТФ НАН Украины и РТ-1 разработки ИПМЭ им. Г.Е.Пухова НАН Украины [5,6].

Основным назначением данных приборов является достаточно точное измерение малой разницы температуры Δt на концах участка трубопровода, возникающей при больших, эксплуатационных расходах G теплоносителя для определения тепловых потерь согласно (1) без специального, трудоемкого и затратного создания в сети тепловой волны согласно [2]. Высокая точность измерений дала возможность проводить испытания на тепловые потери специально выбранных, протяженных магистральных участков киевских тепловых сетей в эксплуатационных условиях. Однако для многочисленных разветвленных зон теплоснабжения задача достоверного определения тепловых потерь остается актуальной.

Предлагаемое решение. Вышеназванные приборы позволяют производить измерение и регистрацию температуры теплоносителя без контакта датчиков с теплоносителем, путем временной установки датчиков в специальные гильзы в теле трубопровода либо на его поверхность [6]. Результаты измерений температуры регистрируются во внутренней памяти приборов через каждые 5...30 секунд и в итоге позволяют получить суточный график изменения температуры теплоносителя. Используя данные приборы совместно с ультразвуковыми расходомерами типа УВР-011А2-К с накладными датчиками в качестве переносных средств измерений можно определять суточное потребление тепловой энергии потребителями, не оборудованными тепловыми счетчиками. Кроме того, используя возможность определения суточного количества тепловой энергии на ствольных трубопроводах, можно ограничить зону проведения испытаний рамками только измеренных значений количества потребленной тепловой энергии не прибегая к приближенно-расчетным процедурам и без нарушения режима теплоснабжения потребителей. В результате тепловые потери ΔQ определяются для части зоны теплоснабжения по формуле:

$$Q_{II} - \sum_{i=1}^I Q_{Pi} - \sum_{j=1}^J Q_{Ij} = \Delta Q \quad (2)$$

где Q_{II} - количество отпущенной тепловой энергии, зарегистрированной по приборам учета на источнике теплоснабжения; Q_{Pi} - количество тепловой энергии, принятой i -тым потребителем, оборудованным прибором учета; Q_{Ij}

- количество тепловой энергии, измеренной переносными приборами в j -той точке тепловой сети.

Исходя из принятого в [2] допущения о том, что фактические удельные тепловые потери для одного и того же типа трубопроводов при одинаковых температурных условиях принимаются одинаковыми, (2) можно записать в виде

$$\sum_{n=1}^N L_n \cdot q_n = \Delta Q \quad (3)$$

где q_n и L_n - соответственно удельные тепловые потери и суммарная длина участка n -того типа трубопровода в испытанной части зоны теплоснабжения.

Для распространения результатов измерений на не испытанные сети можно пойти аналогично [2] путем пересчета величины ΔQ на среднегодовые температурные условия работы тепловой сети и определив ее отношение K к аналогичным нормативным тепловым потерям для данной сети. Однако полученный коэффициент K , предназначенный для корректировки нормативных потерь на не испытанных участках тепловой сети, будет общим для всех типов трубопроводов, фактически определивших ΔQ согласно (2), что имеет ряд недостатков.

Учитывая наличие в крупных городах множества котельных и соответственно их зон теплоснабжения с одинаковыми либо близкими типами используемых теплопроводов, есть возможность получить N линейных уравнений (3) и решить полученную из них систему

$$\mathbf{L} \cdot \mathbf{q} = \Delta \mathbf{Q}' \quad (4)$$

относительно вектора удельных тепловых потерь \mathbf{q} .

В выражении (4) \mathbf{L} - матрица длин участков теплосетей размером $N \times N$; $\Delta \mathbf{Q}'$ - вектор тепловых потерь с элементами, полученными согласно (3) по N зонам теплоснабжения, с внесенными поправками на разницу температурных условий проведения измерений.

Выводы. Представленные методические возможности определения фактических тепловых потерь в сетях централизованного теплоснабжения направлены на преодоление некоторых недостатков существующих методик и повышение достоверности получаемых результатов за счет проведения специальных измерений теплофизических параметров теплоносителя в выбранных точках тепловой сети.

1. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж, Міністерство палива та енергетики України, м.Київ, 2007 р.
2. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях МУ 34-70-080-84, Союзтехэнерго, Москва, 1985.
3. Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения, "Издательство НЦ ЭНАС", Москва, 2004.

4. *Безпрозваний А.А., Владимирский И.А., Ненюк А.Т.* Метод измерения тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 19, Київ, 2003р.-с.138-140.
5. Інструкція з визначення теплових втрат через ізоляцію трубопроводів теплових мереж з використанням високоточної мікропроцесорної вимірювальної техніки И-2Т-2007, Київ 2007.
6. *Владимирский А.А., Владимирский И.А.* Аппаратно-программный комплект для многоканальной регистрации температуры. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 30, Київ, 2005р. -с.30-32.

Поступила 19.10.2015р.

УДК 681.142 + 519.4

О.Д. Глухов

ОЦІНКА СТРУКТУРНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ НА БАЗІ ЕКСПАНДЕРІВ ПІНСКЕРА

This paper investigates the connectivity properties of quasi-random graphs based on Pinsker's expanders .

В данной работе исследована связность квазислучайных графов на базе экспандеров Пинскера.

Експандери або збільшувачі знаходять широке застосування в обчислювальній техніці, теорії інформації, теорії кодування та інших галузях науки і техніки [1, 2]. Зокрема значний інтерес викликають складні дискретні системи, структура яких базується на графах, що є експандерами.

Нагадаємо деякі означення. Нехай G - граф, H - деякий його підграф. Степінню підграфа H будемо називати число $\rho(H)$, яке визначимо наступним чином: $\rho(H) = \{(x, y) : (x, y) \in G^1, x \in H^0, y \notin H^0\}$.

Зв'язністю функцією графа G будемо називати величину $g(x) = \min\{\rho(H) : H \subset G, |H^0| = x\}$, де $1 \leq x \leq n/2$. Також будемо користуватись наступною позначкою: $\Gamma(H) = \{y : (x, y) \in G^1, x \in H^0\}$.

Граф G - називається α -експандером для деякого $\alpha, 0 < \alpha < 1$, якщо для кожного $H \subset G, |H^0| \leq n/2$ має місце нерівність: $\rho(H) \geq \alpha |H^0|$.

Розглянемо випадковий неорієнтований граф G побудований за моделлю, запропонованою Пінскером [3] (граф Пінскера): для кожної вершини $x \in G^0$ графа виберемо випадково множину $V_x \subset G^0, |V_x| = d, d \geq 3$ і