

паспорта строительного объекта, в котором еще на этапе проектирования предусмотрена выработка собственной тепловой энергии, ее экономное потребление и сбережение. Здесь правильно говорить об использовании альтернативных источников энергии (ветряных мельниц, солнечных батарей, тепловых насосов и т.п.) для частичной замены централизованно поставляемого тепла, электричества. Это позволит экономить около 30% потребляемой энергии. Еще около 30-40 % теплопотерь можно сократить путем использования современных, эффективных теплоизоляционных материалов.

Чтобы в Украине активно внедрялись энергоэффективные технологии, нужны реальные экономические стимулы. Ведь даже в Европе, несмотря на многолетнее экологическое воспитание, основным стимулом остается экономический – через бесплатные кредиты или прямое субсидирование собственников жилья, которые внедряют энергосберегающие технологии.

УДК 681.518

## **МЕТОДИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПОСТРОЕННАЯ НА МОНИТОРИНГЕ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖКХ КАК СВЯЗНОЙ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

И. Т. КАРПАЛЮК, к. т. н., А. В. ДОРОХОВ, к. т. н., А. О. КАРЮК

*Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А. Н. Бекетова*

В настоящее время достаточно остро стоят проблемы энергосбережения и управления энергопотреблением в жилищно-коммунальном хозяйстве Украины. Как отмечено в [1], в связи с высокой степенью электрификации жизни общества, характер потребления электроэнергии отражает все грани его деятельности. Следует отметить связность потребления всех видов энергии и ресурсов в жилищном фонде [2]. Особенно сильно прослеживается связь теплоснабжения и электропотребления. Изменение отпуска тепловой энергии (по сути ухудшение качества теплоснабжения), компенсируется населением увеличением потребления электрической энергии с последующим ее

использованием на нужды подогрева жилища. По сути получаем связь: качество теплоснабжения - объем электропотребления.

В [1] проводится исследование сезонных закономерностей связного потребления электричества, газа и тепла в коммунально-бытовом секторе, формируется эталонная норма потребления электроэнергии и предлагается построение замкнутой системы регулирования отпуска тепла на основе мониторинга связного потребления энергоресурсов.

Для осуществления более глубокого оперативного контроля качества теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства на основе данных связного потребления тепла и электроэнергии необходимо изучение структурных изменений рядов данных о потребляемой населением электроэнергии. Так-как значения параметров теплоснабжения и электропотребления по сути это временные ряды, то для проведения анализа и обработки таких рядов предлагается использовать метод сингулярно-спектрального анализа (SSA) [2].

Кроме изучения структурных составляющих, формирующих временной ряд электропотребления, важной является задача обнаружение моментов времени изменения структуры такого ряда. Выявление моментов "разладки" в структуре временных рядов энергопотребления дает возможность усовершенствования системы мониторинга связного потребления энергоресурсов.

В данной работе рассматривается задача диагностики "разладки" в структуре временных рядов потребления электроэнергии жилыми массивами с целью мониторинга качества теплоснабжения. Обосновывается решение такой задачи на основе анализа собственных троек, формируемых в результате применения метода SSA [2]. Метод SSA основан на преобразовании временного ряда в траекторную матрицу  $X$  и исследовании ее с помощью сингулярного разложения (анализа главных компонент). При сингулярном разложении формируется набор собственных троек  $\sqrt{\lambda_i}, U_i, V_i$  (где  $\lambda_i, U_i$  - собственные числа и собственные векторы матрицы  $R = XX^T$ ,  $V_i$  - факторные векторы), которые однозначно определяют компоненты разложения. Очевидно, что изменение структуры временного ряда приводит к изменению спектра матрицы  $R = XX^T$ . Поэтому сингулярные числа  $\sqrt{\lambda_i}$ , определяющие уровень значимости компонент разложения, являются

информативными параметрами, которые и предлагается использовать для обнаружения моментов "разладки" по изложенной далее методике.

Выбирается некоторый параметр  $D$  - диапазон просмотра исследуемого временного ряда. Далее с помощью метода SSA проводится разложение фрагмента временного ряда, попавшего внутрь диапазона просмотра, и анализируется полученный в результате разложения набор собственных троек. На каждом следующем шаге границы диапазона просмотра смещаются на один элемент временного ряда. Поскольку каждая собственная тройка однозначно определяет компоненту разложения, то анализ изменений в структуре собственных троек при смещении диапазона просмотра дает возможность однозначно зафиксировать момент времени структурного изменения временного ряда. Так изменение значений сингулярных чисел говорит об изменении уровня значимости той или иной компоненты ряда (если речь идет о гармонических компонентах, то фиксируется изменение амплитуды колебаний). Если в разложении наблюдается новая собственная тройка, это свидетельствует о появлении в структуре ряда новой составляющей (на потребление электроэнергии воздействует новый фактор), исчезновение собственной тройки говорит о прекращении воздействия определенного фактора на формирование временного ряда. Помимо анализа собственных троек, немаловажным является и анализ ряда остатков после извлечения определенных значимых компонент ряда. Так извлечение из исследуемого временного ряда методом SSA структурной компоненты с большим уровнем значимости, позволяет получить ряд остатков, анализ которого дает дополнительную информацию о моменте времени структурного изменения ряда данных.

Важным достоинством изложенного подхода является отсутствие необходимости задания априорных моделей ряда.

Практическая реализация изложенной методики была проведена на реальных данных потребления электроэнергии одним из районов города Харькова за различные периоды последние три года. Реальную взаимосвязь получили для межкризисного периода 2010-2013 годов (длина временного ряда 547). Исследования проводились по изложенной методике с длиной диапазона просмотра  $D = 60$  при использовании программного продукта [3]. Разложение временного ряда на составные структурные компоненты методом SSA позволило извлечь компоненту, соответствующую эталонной норме, построенной в [1] по другой методике. Исследование ряда остатков,

полученного после извлечения эталонной компоненты, позволило зафиксировать моменты структурных изменений во временном ряде потребления электроэнергии. Как правило, такие моменты были зафиксированы в периоды перехода между отопительным и неотопительным сезоном. Помимо ожидаемых изменений, связанных с переходом к отопительному сезону, были зафиксированы "разладки" связанные с воздействием неперiodических факторов, таких как изменение наружной температуры, изменение качества теплоснабжения. Следует также отметить выявленные характер и моменты изменений значений сингулярных чисел в собственных тройках сингулярного разложения при движении диапазона просмотра, соответствующие изменениям внешних факторов (наружная температура, качество теплоснабжения и др.), воздействующих на структурные изменения временного ряда потребления электроэнергии.

**Вывод:** Опираясь на связность энергопотребления в ЖКХ, получили, что обработка данных электропотребления по предложенной методике может выступать мониторингом качества теплоснабжения. Что позволяет оптимизировать график отпуска тепла и установить более гибкие границы отопительного сезона. Использование системы мониторинга и управления качеством теплоснабжения в ЖКХ, основанной на предложенной методике позволит оптимизировать работу диспетчерского центра систем центрального теплоснабжения и сократить издержки на выработку, передачу и распределение тепловой и электрической энергии.

**Литература:** 1. *Вороновский Г. К.* Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях. - Х.: «Харьков», 2002. - 240с. 2. *Любчик Л. М.* Інформаційні технології статистичного комп'ютерного моніторингу якості побутового теплопостачання / Л. М. Любчик, Г. Л. Грінберг // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: збірник наукових праць. Випуск 1. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – С71-76. 3. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» // Под. ред. Д. Л. Данилова, А. А. Жиглявского. СПб: Пресском, 1997. - 307 с.