

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.414

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ СПОСОБОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ НА ЭНЕРГОБАЛАНС ГОРОДА

С.В. КОСЯКОВ, С.А. ОСИПОВА, А.М. САДЫКОВ
ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново, Российская Федерация
E-mail: ksv@ispu.ru, demidova.sv.a@gmail.com, asadykov@gmail.com

Авторское резюме

Состояние вопроса. Развитие технологий энергосбережения открывает широкие возможности для варьирования способов энергоснабжения зданий за счет использования альтернативных видов энергоносителей и энергетических сетей. Исследования в области энергосбережения в основном направлены на поиск решений по экономии энергии у потребителей и на объектах отдельных отраслей энергетики. При этом совместная работа различных энергетических сетей как единой системы энергоснабжения города и оценка целесообразности перераспределения энергетической нагрузки между различными энергетическими сетями в процессе развития территорий остается малоизученной проблемой. Целью исследования является разработка метода, позволяющего сравнивать варианты использования различных источников и видов энергоснабжения отдельных зданий по единому критерию изменения суммарных затрат на передачу, преобразование и потребление энергии в городе.

Материалы и методы. Используются методы создания и анализа энергетических балансов территорий, методы расчета объемов потребления тепла, газа и электроэнергии жилыми зданиями на различные нужды, методы расчета потерь в энергетических сетях, методы сетевого анализа и наложения покрытий в ГИС, материалы баз данных энергетических предприятий и сферы ЖКХ.

Результаты. Предложен и реализован в виде программного комплекса метод, автоматизирующий процессы расчета энергобаланса жилищного сектора города для различных вариантов размещения, энергетического оснащения и присоединения к энергетическим сетям новых или реконструируемых зданий. Метод основан на использовании пространственной модели энергобаланса городской территории в среде ГИС. Приведен пример расчета влияния вариантов энергоснабжения одного из зданий в городе Иваново на показатели энергобаланса города.

Выводы. Полученные результаты показывают возможность сравнения вариантов подключения зданий к различным видам энергетических сетей по единому критерию минимизации общегородских затрат на энергоносители. Разработанный метод и его реализация могут использоваться при создании информационных систем поддержки принятия решений в органах муниципального и регионального управления.

Ключевые слова: ГИС, энергетический баланс, энергетические сети, пространственный анализ, поддержка принятия решений

A METHOD OF EVALUATING THE EFFECTS OF BUILDING POWER SUPPLY SELECTION DECISIONS ON THE CITY ENERGY BALANCE

S.V. KOSYAKOV, S.A. OSIPOVA, A.M. SADYKOV

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation

E-mail: ksv@ispu.ru, demidova.sv.a@gmail.com, asadykov@gmail.com

Abstract

Background. Development of energy-saving technologies offers good opportunities for selecting building energy supply methods through the use of alternative energy sources and power network types. Research in the field of energy saving is mainly focused on finding methods of energy saving by power consumers and individual power industry facilities. At the same time, collaboration of different energy networks as a unified power supply system of the city and a feasibility study of the energy load redistribution between different energy networks in the process of territorial development remains a poorly studied problem. The aim of the study is to develop a method that allows comparing the use of different power supply sources and types of individual buildings based on a single criterion of changing the total cost of transmission, conversion and consumption of energy in the city.

Materials and methods. The study employed methods of development and analysis of energy balances of a territory, methods for calculating gas, heat and electricity consumption of residential buildings, methods of power network losses calculation and methods of network and overlay analysis in GIS, materials of power providers' and public utilities' databases.

Results. A method has been proposed and implemented in the software package form for automating the calculation of the city's housing sector energy balance for various placement options, power equipment deployment and connection of new or reconstructed buildings to the energy networks. The method is based on the use of an urban area energy balance spatial model in a GIS environment. The article presents an example of calculating the influence of different power supply options of one of the buildings in the city of Ivanovo on the energy balance of the city.

Conclusions. The obtained results demonstrate the possibility of a comparative analysis of the options of connecting buildings to various energy network types based on a single criterion of minimizing municipal energy costs. The developed method and its implementation can be used to create decision-making information systems for regional and city governments.

Key words: GIS, energy balance, power networks, spatial analysis, decision support

DOI: 10.17588/2072-2672.2019.5.067-076

Введение. Анализ потенциала энергосбережения территорий является важной составляющей принятия решений органами территориального управления при реализации градостроительной политики и программ развития территорий. В настоящее время разработаны методы такого анализа на основе энергоаудита зданий [1, 2], экспресс-оценки потенциала регионов [3], в отраслевом разрезе на уровне регионов [4, 5] и другие. Вместе с тем остаются мало исследованными вопросы анализа влияния на энергосбережение градостроительных решений, связанных с выбором способов энергоснабжения зданий на территории города.

Строительство или реконструкция здания предполагают определение структуры и величины поступления в него различных видов энергии и энергоносителей от различных источников, а также величины фактических затрат энергии на различные

цели, т.е. его энергобаланса. При выборе вариантов реализации энергобаланса здания в настоящее время учитываются в первую очередь противоречивые интересы застройщиков, поставщиков различных видов энергии и будущих собственников недвижимости. Коллективные интересы жителей города по обеспечению комплексного развития территории в этих случаях часто игнорируются, поскольку их трудно формализовать и оценить. В связи с этим актуальным является создание метода, позволяющего оценивать влияние решений по выбору структуры энергобаланса зданий на общую систему энергоснабжения города на основе общегородских критериев.

Решаемые проблемы и задачи исследования. При выборе или изменении способа энергоснабжения проектируемых и реконструируемых зданий определяются условия присоединения

потребителей одновременно к нескольким системам энергоснабжения (электрической, тепловой, газовой). При этом могут запрашиваться или освобождаться мощности в той или иной системе энергоснабжения. Например, выбор индивидуальных газовых котлов в новом здании взамен использования центрального отопления в снесенных старых зданиях приведет к увеличению потребления газа и снижению нагрузки на систему теплоснабжения в данном районе. Это скажется на показателях работы тепловых и газовых сетей города в целом. С другой стороны, решение по выбору центрального отопления в этой ситуации может привести к ухудшению условий теплоснабжения других близлежащих зданий и необходимости реконструкции отдельных участков тепловых сетей. Обоснование выбора решений в подобных случаях представляет собой сложную проблему.

В настоящее время разработаны и применяются методики сравнения вариантов подключения зданий к источникам одного вида энергоносителя. Например, для тепловой энергии рассчитываются радиусы эффективного теплоснабжения для источников [6]. Эти задачи хорошо формализованы и решаются с высокой точностью. Задача сравнения эффективности использования различных видов энергоносителей характеризуется меньшей формализованностью. Она связана с необходимостью представления всего топливно-энергетического комплекса (ТЭК) города как единой системы. Но в этой системе многие связи имеют не технический, а экономический характер, что обуславливает необходимость применения для решения этой задачи методик анализа многопродуктовых энергодобавок.

Энергоснабжение городов обычно осуществляется за счет поставки извне первичных топливно-энергетических ресурсов (природный газ, электроэнергия, уголь, нефтепродукты и другие виды топлива), которые транспортируются по территории города посредством распределительных энергетических сетей и могут преобразовываться в другие виды энергоресурсов. На рис. 1 приведена упрощенная схема, иллюстрирующая возможные цепочки передачи энергии в здание от первичных источников, расположенных за пределами города. Толстые линии на рис. 1 показывают возможные пути передачи газа по сетям газоснаб-

жения. Двойные линии – тепловые сети для передачи тепла и горячей воды. Пунктирные линии отражают пути передачи электроэнергии по ЛЭП через трансформаторные подстанции (ТП).

Например, тепловая энергия может быть выработана непосредственно в здании путем сжигания природного газа в индивидуальном котле, либо получена от удаленной ТЭЦ или близлежащей котельной по трубопроводам, либо получена с использованием электронагревателей от сети электроснабжения.

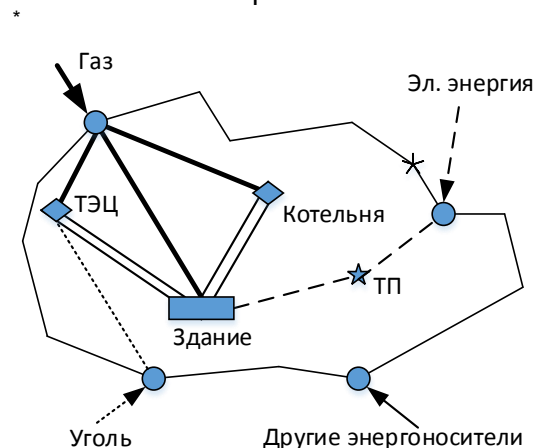


Рис. 1. Направления передачи энергии в здание

Возможны и другие цепочки преобразования и доставки энергии в здание с использованием, например, угля. В каждом из таких вариантов используется разное оборудование и возникают различные виды потерь, которые распределены по используемым в цепочке поставки источникам и элементам сетей. Анализ и сопоставление эффективности таких вариантов в настоящее время является сложной задачей, для решения которой необходимо собрать и обработать большое количество информации. В связи с этим возникает научно-техническая проблема разработки методов и средств для автоматизации процессов получения таких оценок на основе использования современных информационных технологий.

Комплексно задачи развития поселений и, в частности, систем их энергоснабжения рассматриваются органами государственной власти и местного самоуправления в рамках градостроительной деятельности. Одним из основных документов градостроительной политики являются генеральные планы развития

территорий, важной частью которых являются картографические материалы, представляемые в форматах ГИС. Кроме того, в процессе градостроительной деятельности создается и используется большое количество другой документации, связанной с землепользованием, строительством и кадастровым учетом объектов недвижимости. В сети Интернет публикуются обязательные к раскрытию данные энергетических компаний и данные об объектах ЖКХ. Очевидно, что эти материалы и данные могут и должны быть использованы при решении рассматриваемой проблемы. Создание модели данных, которая обеспечивает проведение анализа и наглядное представление его результатов, является одной из важных задач представленного исследования.

Основной задачей исследования, определяющей его научную новизну, является разработка единой пространственной модели системы энергоснабжения территории, учитывающей все возможные варианты энергоснабжения зданий, а также формулировка критериев для оценки влияния вариантов градостроительных решений на энергетику города и разработка методов расчета этих критериев на основе имеющихся данных.

Для проверки возможностей практического применения предложенных модели и методов разработано программное обеспечение, которое позволило создать экспериментальную версию специализированной ГИС для анализа решений по строительству зданий в городе Иванове. В среде этой ГИС проведены эксперименты по оценке одного из ранее принятых решений по строительству многоэтажного жилого здания в одном из районов города.

Методы исследования. Основой исследования и моделирования пространственной системы энергоснабжения города являются методы анализа энергобаланса территорий, которые широко применяются в России и за рубежом. Энергобаланс – это баланс добычи, переработки, транспортировки, преобразования, распределения и потребления энергетических ресурсов и энергии в народном хозяйстве от источника их получения до использования энергии потребителем. Такие балансы составляются при выборе оптимальной схемы энергоснабжения предприятий, регионов, экономики страны в целом. В последние годы эти методы нашли широкое практическое при-

менение при решении задач экономического планирования и анализа на уровне регионов России. В качестве примеров можно привести решения на основе декомпозиционного анализа энергопотребления в рамках систем ведения топливно-энергетических балансов регионов, представленные в [4, 5].

С учетом того, что круг решаемых в исследовании задач существенно уже задач планирования развития экономики территории, в разработанной модели выделены только те его части, которые касаются энергоснабжения зданий. При этом основное внимание сосредоточено на пространственном аспекте цепочек передачи и преобразования различных видов энергии, а не на отраслевой структуре энергобаланса. Не учитывались связи энергетики с производством продукции, динамика экономических процессов и т.п., поскольку их анализ также выходит за рамки решаемых задач. Указанные факторы позволили сократить объем исследуемых показателей и сосредоточиться на вопросах, связанных с технической стороной проблемы на уровне выбора энергетического оборудования зданий.

Расходная часть энергобаланса (потребление энергии в зданиях) представляется в модели следующими показателями расходов:

- 1) на отопление (обогрев) и вентиляцию;
- 2) горячее водоснабжение;
- 3) приготовление пищи;
- 4) прочее.

В использованной декомпозиции умышленно не выделены такие важные и очевидные статьи энергопотребления зданий, как, например, освещение. Они попадают в «прочее», поскольку альтернативы электрическому освещению в настоящее время не существует и анализировать альтернативные варианты структуры энергоснабжения зданий по этому показателю не имеет смысла. Вместе с тем с точки зрения возможностей применения метода наличие дополнительных показателей ничем не ограничено и ничто не препятствует декомпозиции раздела «прочее». В рамках нашего исследования он не раскрывается в целях сокращения объема и упрощения представления материала.

В качестве первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), поступающих в город из внешней среды, в модели выделены:

- 1) природный газ;
- 2) электроэнергия;
- 3) уголь;
- 4) нефтепродукты;
- 5) другие виды топлива.

В рассмотренной методике анализа представлены только природный газ и электроэнергия. Уголь, нефтепродукты и другие виды топлива не рассматриваются в настоящее время в качестве альтернативных вариантов для использования непосредственно в строящихся зданиях, а при анализе цепочек преобразования энергии как топливо для ТЭЦ и котельных они учитываются, аналогично использованию природного газа, через характеристики энергетического оборудования. В использованных данных по городу Иванову эти виды топлива не фигурируют. С учетом этих факторов и в целях упрощения изложения сути метода эта часть модели энергобаланса опущена.

Средства преобразования и транспортировки ТЭР представлены в модели энергобаланса элементами систем:

- 1) централизованного теплоснабжения;
- 2) газоснабжения;
- 3) электроснабжения.

С учетом принятых условий и допущений пространственная модель энергобаланса города на уровне зданий представляется в виде уравнения

$$Q^И - Q^Э = \sum_{n=1}^N Q_n + Q^{ДР}, \quad (1)$$

где $Q^И$, $Q^Э$ – суммарные объемы импортируемой и экспортируемой городом энергии по всем видам ТЭР; Q_n – суммарный объем энергии, потребляемой n -м зданием; $Q^{ДР}$ – суммарный объем потребляемой энергии на другие нужды и возникающих при этом потерь (не на внутреннее потребление зданий).

Потребляемый каждым зданием объем энергии Q_n может быть разделен на две части:

$$Q_n = Q_n^C + Q_n^S, \quad (2)$$

где Q_n^C – часть потребления, не имеющая альтернатив для реализации с использованием различных видов ТЭР; Q_n^S – часть потребления, которая зависит от выбранного варианта структуры его энергобаланса.

Для обозначения вариантов структуры систем энергоснабжения зданий введена переменная S , которая принимает следующие значения:

- $S = 1$ – использование центральной системы теплоснабжения для отопления, подключение к центральной системе для получения горячего водоснабжения, установка газовых плит для пищевого приготовления;

- $S = 2$ – использование центральной системы теплоснабжения для отопления, подключение к центральной системе для получения горячего водоснабжения, установка электрических плит для пищевого приготовления;

- $S = 3$ – использование центральной системы теплоснабжения для отопления, установка газового котла для горячего водоснабжения, установка газовых плит для пищевого приготовления;

- $S = 4$ – установка газового котла для отопления и горячего водоснабжения, установка газовых плит для пищевого приготовления;

- $S = 5$ – установка газового котла для отопления и горячего водоснабжения, установка электрических плит для пищевого приготовления;

- $S = 6$ – использование центральной системы теплоснабжения для отопления, установка газового котла для горячего водоснабжения, электрических плит для пищевого приготовления;

- $S = 7$ – использование центральной системы теплоснабжения для отопления, использование электрического котла для горячего водоснабжения, установка электрических плит для пищевого приготовления;

- $S = 8$ – установка газового котла для отопления, использование электрического котла для горячего водоснабжения, установка электрических плит для пищевого приготовления;

- $S = 9$ – установка газового котла для отопления, использование электрического котла для горячего водоснабжения, установка газовых плит для пищевого приготовления.

Структура системы энергоснабжения каждого существующего n -го здания обозначается как S_n . В зависимости от значения S_n могут быть определены и суммарные затраты энергии Q_n^S :

$$Q_n = \begin{cases} \frac{P_1 + P_2 + R_i}{\mu_i} + \frac{H_1}{\varphi_n}, S_n = 1, \\ \frac{P_1 + P_2 + R_i}{\mu_i} + W_1 + G, S_n = 2, \\ \frac{P_1 + P_2 + R_i}{\mu_i} + \frac{H_1 + H_2}{\varphi_n}, S_n = 3, \\ \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\varphi_n}, S_n = 4, \\ \frac{H_2 + H_3}{\varphi_n} + W_1 + G, S_n = 5, \\ \frac{P_1 + R_i}{\mu_i} + \frac{H_2}{\varphi_n} + W_1 + G, S_n = 6, \\ \frac{P_1 + R_i}{\mu_i} + W_1 + W_2 + G, S_n = 7, \\ \frac{H_2}{\varphi_n} + W_1 + W_2 + G, S_n = 8, \\ \frac{H_1 + H_3}{\varphi_n} + W_2 + G, S_n = 9, \end{cases} \quad (3)$$

где P_1 – количество теплоты, необходимое на отопление жилого многоквартирного дома от централизованной системы теплоснабжения; P_2 – количество теплоты, необходимое на горячее водоснабжение жилого многоквартирного дома от централизованной системы теплоснабжения; i – номер источника, к которому подключено рассматриваемое жилое здание (ТЭЦ, котельная и пр.); R_i – потери в централизованной системе теплоснабжения, связанные с передачей тепла от i -го источника до здания; G_i – потери при передаче электрической энергии, связанные с подключением здания; μ_i – КПД оборудования на источнике при выработке тепла; H_1 – расход природного газа на пищеприготовление; H_2 – расход природного газа на горячее водоснабжение; H_3 – расход природного газа на отопление; φ_n – КПД газового котла, установленного у потребителя; W_1 – расход электрической энергии на пищеприготовление; W_2 – расход электрической энергии на горячее водоснабжение.

При решении задач анализа влияния структуры энергобалансов зданий на потребление всех видов ТЭР в городе $Q^{\text{э}}$, $Q^{\text{дп}}$, $Q_n^{\text{с}}$ могут считаться постоянными, поскольку они не зависят от S . Тогда переменную часть энергобаланса города можно представить в виде

$$\Delta Q^{\text{л}} = \sum_{n=1}^N Q_n^{\text{с}}, \quad (4)$$

а задачу выбора оптимальной структуры энергобаланса для новых и реконструируе-

мых зданий представить как задачу выбора для них значений S_n , обеспечивающих минимум приращению суммы импортируемых городом ТЭР и потерь:

$$\sum_{n=1}^N Q_n^{\text{с}} \xrightarrow{S_i} \min. \quad (5)$$

Все расходы определяются за год и переводятся в единицы условного топлива по утвержденной методике Росстата¹. Значения переменных P_1 и P_2 могут быть получены, например, из информационных систем мониторинга [7] или рассчитываются на основании нормативной методики². По существующим методикам расчета, потери электроэнергии и газа в сетях не зависят от метаположения зданий. В то же время потери теплоты в тепловых сетях R_i существенно зависят от длины трубопроводов, соединяющих здания с источниками (ТЭЦ или котельными)³. Поэтому такие потери определяются для каждого здания в зависимости от длины трубопроводов.

В разработанной модели учитываются потери в тепловой сети, которые возникают в участке трубопровода, соединяющем здание с существующей сетью. Дополнительные потери в существующей сети от увеличения нагрузки могут быть при необходимости учтены, но их доля обычно невелика, а расчет требует сбора большого объема дополнительных технических данных по элементам сети. С учетом прочих допущений, принятых в исследовании, это допущение не отражается существенно на полученных результатах, а при дальнейшем развитии исследований может быть устранено.

¹ Приказ Росстата от 04.04.2014 № 229 «Об утверждении официальной статистической методологии составления топливно-энергетического баланса Российской Федерации».

² Об утверждении Правил установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг и нормативов потребления коммунальных ресурсов в целях содержания общего имущества в многоквартирном доме (с изменениями на 29 сентября 2017 года).

³ Приказ ФСТ России от 06.08.2004 № 20-э/2 (ред. от 29.03.2018) «Об утверждении Методических указаний по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.10.2004 № 6076) (с изм. и доп., вступ. в силу с 28.04.2018).

Программная реализация метода.

Для использования предложенного метода разработана специализированная ГИС, в которой на основе публичных данных сайта ЖКХ, сайтов энергетических компаний и единой карты инженерных сетей города Иванова [8] создана пространственная модель энергобаланса одного из районов города. Программа реализована в виде веб-приложения, доступного пользователям в сети Интернет. Вид программы приведен на рис. 2.

Разработанное приложение позволяет изменять структуру энергобаланса любого здания или группы зданий и просматривать влияние этих изменений на энергобаланс города, а также просматривать распределение показателей энергобаланса по кварталам. Для просмотра и изменения характеристик здания нужно указать его на карте. Значения характеристик выделенного на карте объекта отображаются в полях, доступных для редактирования. В процессе экспериментов можно изменить значения

этих полей и при необходимости вернуться к актуальным данным. Кроме того, на карте можно добавлять новые здания и удалять имеющиеся, а также менять схему и характеристики элементов тепловой сети города.

В качестве примера проведения анализа на основе разработанной модели можно привести результаты исследования влияния на энергобаланс города одного из недавно построенных многоэтажных зданий при различных вариантах реализации его энергоснабжения. В качестве вариантов рассмотрены все виды возможной структуры энергобаланса здания S. Кроме того, для варианта $S = 1$ в качестве источника теплоснабжения были исследованы варианты использования городской ТЭЦ и близлежащей котельной. Результаты расчета суммарных затрат энергии, которая должна быть поставлена на территорию города, при реализации каждого из вариантов приведены в таблице.

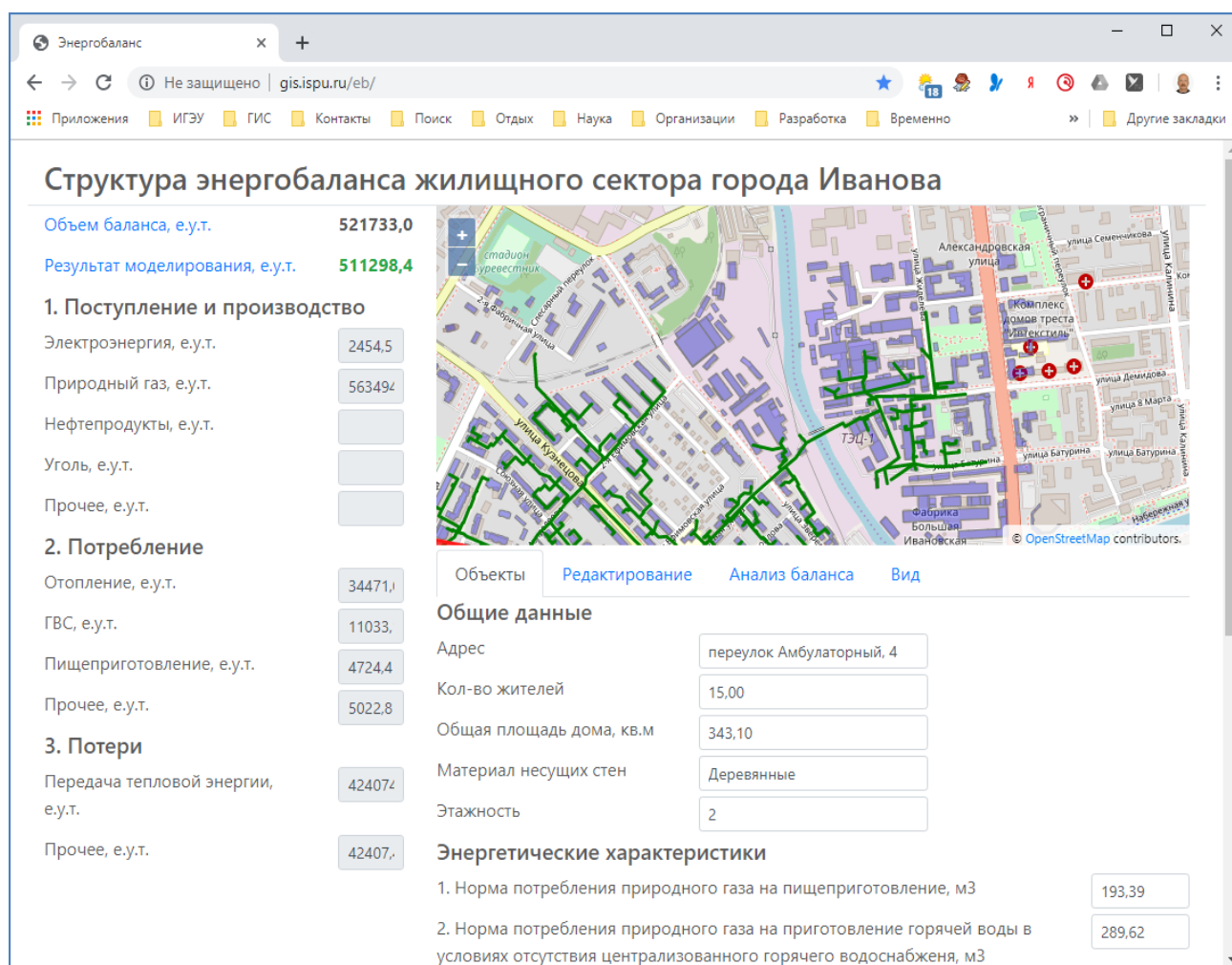


Рис. 2. Пример работы программы

Результаты расчета затрат ΔQ^I при различных значениях S_n

Вид подключения	Затраты энергии (е.у.т.)
S = 1	36,37
S = 2	34,53
S = 3	32,71.
S = 4	83, 60
S = 5	81,76
S = 6	30,88
S = 7	26,52.
S = 8	77,41
S = 9	79,24

Реально при строительстве был использован вариант S1, который, согласно расчетам, не является оптимальным по рассматриваемому критерию. Причины такого решения, вероятно, заключаются в наличии других критериев при принятии решения и, возможно, в отсутствии расчетов и оценок по рассматриваемому критерию.

Результаты исследования. Очевидно, что проблема развития ТЭК города является многокритериальной и имеет междисциплинарный характер. Предложенный метод затрагивает лишь один аспект этой проблемы. Поэтому его следует рассматривать как одну из составных частей систем поддержки принятия решений в области градостроительной политики.

В предложенном методе впервые все энергетические сети города рассматриваются как единая пространственная система, в которой количественно оцениваются взаимные связи элементов с учетом их расположения на местности. Это открывает новые возможности для оценки решений в сфере градостроительной деятельности и территориального управления, которые ранее были недоступны на практике.

Метод опирается на использование различных информационных систем и становится эффективным при возможности автоматизированного сбора и интеграции данных из этих систем. В настоящее время процессы сбора и интеграции данных активно развиваются на уровне городов и муниципальных образований, что открывает возможности для практического внедрения подобных методов.

Рассмотренные варианты анализа энергетического баланса городской территории и оценка по одному из критериев

энергоэффективности не исключают реализации в составе разработанной ГИС системы других аспектов моделирования энергетического баланса, включая методы, рассмотренные в [4].

Кроме анализа отдельных мероприятий, метод и его реализация в виде ГИС позволяют наглядно представлять на карте различные аспекты распределения энергетического баланса по территории, структуру объемов потребления и имеющихся резервов по всем видам ТЭР на уровне городских кварталов. Пример карты потребления природного газа приведен на рис. 3. Такие карты помогают понять возможности для развития различных видов строительства на территории и строить планы развития энергетической инфраструктуры.



Рис. 3. Фрагмент карты распределения объема потребления природного газа

Выводы. Предложен метод, позволяющий выполнять оценку влияния решений по выбору структуры энергобаланса зданий на общую систему энергообеспечения города по критерию суммарного объема потребления и потерь энергоресурсов на территории города. Метод реализован в виде программного продукта, работающего в сети Интернет. Результаты разработки могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений при реализации градостроительной политики в области энергосбережения в муниципальных образованиях в сочетании с другими методами и программными средствами.

Список литературы

1. Толстой М.Ю., Александрова И.В. Энергоаудит – оценка потенциала энергосбережения зданий и сооружений // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 3(43). – С. 62–66.

2. Самарин О.Д. Влияние энергосберегающих мероприятий на энергетический баланс здания // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007. – № 1(45). – С. 58–59.

3. Экспресс-анализ потенциала энергосбережения как инструмент повышения энергоэффективности регионов России / А.В. Кожевников, В.Г. Рыжков, А.Г. Шпенёв, С.М. Карпенко // Энергосбережение. – 2017. – № 7. – С. 20–29.

4. Ратманова И.Д., Гурфова О.М. Информационно-аналитическое сопровождение энергетического менеджмента на региональном уровне // Вестник ИГЭУ. – 2017. – Вып. 5. – С. 59–68.

5. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Измерение и учет энергоэффективности // Академия энергетики. – 2012. – № 4. – С. 66–75.

6. Папушкин В.Н. Радиус теплоснабжения. Хорошо забытое старое // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 9. – С. 44–49.

7. Повышение эффективности эксплуатации систем централизованного теплоснабжения на основе применения информационной системы мониторинга тепловых сетей / С.В. Косяков, А.М. Садыков, В.В. Сенников, В.В. Смирнов // Вестник ИГЭУ. – 2018. – Вып. 2. – С. 58–66.

8. Косяков С.В., Гадалов А.Б., Садыков А.М. О подходе к реализации распределенной ГИС для внедрения единой карты инженерных сетей города // Вестник ИГЭУ. – 2014. – Вып. 5. – С. 64–70.

References

1. Tolstoy, M.Yu., Aleksandrova, I.V. Energoaudit – otsenka potentsiala energosberezheniya zdaniy i sooruzheniy [Energy audit – assessment of energy potential of buildings and structures]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010, no. 3, pp. 62–66.

2. Samarina, O.D. Vliyaniye energosberegayushchikh meropriyatiy na energeticheskiy balans

zdaniya [The effect of energy-saving measures on the energy balance of a building]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka*, 2007, no. 1(45), pp. 58–59.

3. Kozhevnikov, A.V., Ryzhkov, V.G., Shpenev, A.G., Karpenko, S.M. Ekspres-analiz potentsiala energosberezheniya kak instrument povysheniya energoeffektivnosti regionov Rossii [Express analysis of energy saving potential as a tool for increasing the energy efficiency of the Russian regions]. *Energosberezhenie*, 2017, no. 7, pp. 20–29.

4. Ratmanova, I.D., Gurfova, O.M. Informatsionno-analiticheskoye soprovozhdeniye energeticheskogo menedzhmenta na regional'nom urovne [Information and analytical support of regional power management]. *Vestnik IGEU*, 2017, issue 5, pp. 59–68.

5. Bashmakov, I.A., Myshak, A.D. Izmereniye i uchet energoeffektivnosti [Power efficiency fiscal metering]. *Akademiya energetiki*, 2012, no. 4, pp. 66–75.

6. Papushkin, V.N. Radius teplosnabzheniya. Khorosho zabytoe staroe [Heat supply radius. The well-forgotten past]. *Novosti teplosnabzheniya*, 2010, no. 9, pp. 44–49.

7. Kosyakov, S.V., Sadykov, A.M., Sennikov, V.V., Smirnov, V.V. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniya na osnove primeneniya informatsionnoy sistemy monitoringa teplovykh setey [Improving the operation efficiency of centralized heating systems by using an information system for monitoring heat networks]. *Vestnik IGEU*, 2018, issue 2, pp. 58–66.

8. Kosyakov, S.V., Gadalov, A.B., Sadykov, A.M. O podkhode k realizatsii raspredelennoy GIS dlya vnedreniya yedinoy karty inzhenernykh setey goroda [An approach to the development of a distributed GIS for implementing a unified map of a city's utility networks]. *Vestnik IGEU*, 2014, issue 5, pp. 64–70.

Косяков Сергей Витальевич,

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой программного обеспечения компьютерных систем, адрес: г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34, кор. Б, ауд. 307, телефон (4932) 26-98-40, e-mail: ksv@ispu.ru

Kosyakov Sergei Vitalyevich, Ivanovo State Power Engineering University, Doctor of Engineering Sciences (post-doctoral degree), Head of the Computer Software Department, address: Ivanovo, Rabfakovskaya St., 34, Building B, Room 307, telephone (4932) 26-98-40, e-mail: ksv@ispu.ru

Осипова Светлана Андреевна,

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», аспирант кафедры программного обеспечения компьютерных систем, адрес: г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34, кор. Б, ауд. 307, телефон(4932) 26-98-40, e-mail:demidova.sv.a@gmail.com

Osipova Svetlana Andreyevna,

Ivanovo State Power Engineering University, Post-graduate student of the Computer Software Department, address: Ivanovo, Rabfakovskaya St., 34, Building B, Room 307, telephone (4932) 26-98-40, e-mail: demidova.sv.a@gmail.com

Садыков Артур Мунавирович,

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения компьютерных систем, адрес: г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34, кор. Б, ауд. 220, телефон (4932) 26-98-40, e-mail: amsadykov@gmail.com

Sadykov Artur Munavirovich,

Ivanovo State Power Engineering University, Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor of the Computer Software Department, address: Ivanovo, Rabfakovskaya St., 34, Building B, Room 220, telephone (4932) 26-98-40, e-mail: amsadykov@gmail.com

ВЕСТНИК ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 5

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ N 77-13527 от 20.09.02 г.

Подписано в печать 8.10.2019. Выход в свет 31.10.2019. Формат 60x84 ¹/₈.

Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 9,62. Тираж 100 экз. Цена свободная. Заказ

Ивановский государственный энергетический университет, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.
Типография ООО «ПресСто», 153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, оф. 307.