

УДК 303.732.4

Применение специализированной граф-схемы для описания вариантов энергосберегающих мероприятий

В.С. Мокроусов

ФГБОУВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, Российская Федерация
E-mail: valmok@mail.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: В связи с повышением требований к выполнению энергетических обследований, весьма важной стала проблема выбора актуальных и эффективных мероприятий по энергосбережению. Проблему наглядного представления перечня мероприятий возможно решить путем разработки специализированной граф-схемы системы теплоснабжения.

Материалы и методы: Разработка граф-схемы выполнена на основе методов математической логики и теории графов.

Результаты: Разработана структурная модель описания мероприятий по энергосбережению в наглядном виде. По результатам проведенного энергетического обследования промышленного предприятия составлена специализированная граф-схема участка системы теплоснабжения. Разработан общий вид граф-схемы системы теплоснабжения промышленного предприятия.

Выводы: Использование полученных результатов направлено на повышение качества выбора экономически выгодных мероприятий по энергосбережению.

Ключевые слова: граф-схема, мероприятия по энергосбережению, система теплоснабжения промышленного предприятия.

Applying Specialized Graph-Scheme for Describing Variants of Energy Saving Actions

V.S. Mokrousov

Vladimir State University, Vladimir, Russian Federation
E-mail: valmok@mail.ru

Abstract

Background: The problem of selecting actual and effective energy efficiency measures has become very important due to the increased requirements to perform energy audits. The problem of visualizing the list of measures can be solved by developing specialized graph-scheme of heat supply system.

Materials and methods: The development of graph-scheme is made on the basis of methods of mathematical logic and graph theory.

Results: The structure model for the description of energy conservation measures in a visual form was developed. As a result of energy audit of industrial enterprises is made up a specialized section of the graph-scheme of the heating system. A general form of the graph-scheme of heat supply system of the industrial enterprise was developed.

Conclusions: The obtained results can be applied to improving the quality of the choice of cost-effective energy conservation measures.

Key words: graph-scheme, energy conservation measures, heating system of an industrial enterprise.

Для представления перечня мероприятий по энергосбережению в наглядном виде в целях поиска решения задачи оптимизации тепловых потерь предлагается использовать специализированную граф-схему, так как теория графов предоставляет удобный язык для описания структурных моделей.

Вершины графа соответствуют некоторым состояниям или характерным точкам системы, а дуги (ветви), соединяющие эти вершины, – допустимым переходам из одних состояний системы в другие или, соответственно, каким-либо элементам системы [1]. Дуги графа могут иметь различные оценки, например, капитальные затраты, необходимые для выпол-

нения этих переходов или преобразований (замена или ремонт элемента системы). В конечном итоге в результате поиска должен быть найден путь от начальной вершины к целевой, соответствующей выбранному критерию принятия решения.

Структура системы теплоснабжения промышленного предприятия жесткая, так как для нее однозначно определяется поток тепловой энергии от источника к потребителям.

Корневая вершина графа соответствует решению исходной задачи (поставленной цели), промежуточные вершины соответствуют подзадачам (подцелям), а конечные вершины – элементарным подзадачам (подцелям).

Вершины данного графа могут принадлежать к двум типам:

1) типу «и» (или конъюнктивные), если решение поставленных в них задач непосредственно следует из возможности решения всех подзадач, определенных в дочерних или нижестоящих вершинах;

2) типу «или» (или дизъюнктивные), если решение поставленных в них задач следует из решения хотя бы одной подзадачи, поставленной в нижестоящих вершинах.

Таким образом, для решения задачи оптимизации потерь тепловой энергии необходимо ввести специализированную граф-схему, которая должна иметь следующую структуру:

- корневая вершина графа соответствует источнику теплоснабжения или прибору учета, находящемуся на границе балансовой принадлежности сторон;

- промежуточные вершины графа являются характерными точками системы теплоснабжения, в которых происходит разделение потока энергии (ЦТП, ИТП, тепловые камеры, врезки в трубопроводы и т.п.);

- нижние вершины графа представляют собой приемники, рассматриваемые в двойном качестве (две последовательные вершины) как промежуточное устройство, используемое для преобразования вида энергии (например, преобразование тепловой энергии в механическую), и как конечное устройство;

- дуги (ветви) графа, соединяющие вершины, представляют собой технические или организационные мероприятия, обеспечивающие экономию тепловой энергии при ее передаче или преобразовании на данном участке схемы, в общем случае таких дуг может быть несколько, их направление должно совпадать с направлением носителя энергии.

Кроме технического назначения вершины графа должны иметь и организационное – определять, сколько мероприятий (дуг графа) может быть использовано для снижения потребления ресурсов потребителями или же сокращения потерь при передаче через рассматриваемый элемент системы. Дуга графа должна иметь оценку (вес) или несколько оценок (весов), показывающих экономическую эффективность и затраты на моделируемое мероприятие.

Для более наглядного представления разработанной граф-схемы приведем в качестве примера составление специализированного графа для центрального теплового пункта (ЦТП) и трубопроводов, соединяющих ЦТП с тепловыми пунктами цехов (ТП) (рис. 1):

- вершина 1 – центральный тепловой пункт, состоящий из пароводонагревателей и сетевых насосов;

- вершина 2 – система трубопроводов, связывающих ЦТП с ТП;

- вершина 3 – тепловые пункты цехов, состоящие из водонагревателей, насосов внутреннего контура, баков аккумуляторов и т.д.

Дуги 1, 2, 3 соответствуют тем мероприятиям, которые могут быть выполнены для снижения потерь тепловой энергии при ее транспортировке от ЦТП к ТП:

- изоляция трубопроводов с помощью плит из минеральной ваты (дуга 1);

- изоляция трубопроводов с помощью скорлупы из пенополиуретана (дуга 2);

- изоляция трубопроводов с помощью вспененного синтетического каучука (дуга 3).

Дуги 4, 5, 6 определяют следующие мероприятия по энергосбережению и энергоэффективности ТП:

- замена кожухотрубчатого водонагревателя на пластинчатый (дуга 4);

- установка систем автоматического регулирования температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха (дуга 5);

- регулирование теплоносителя по фазу с помощью системы автоматического регулирования (дуга 6).

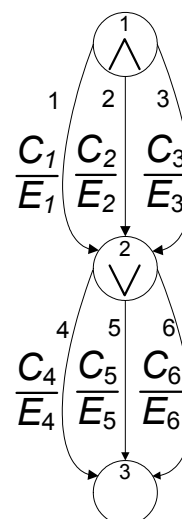


Рис. 1. Фрагмент специализированной граф-схемы: C_i – стоимость внедрения мероприятия; E_i – экономический эффект от внедрения

Каждое из этих мероприятий имеет свои затраты C (стоимость внедрения мероприятия – капитальные и эксплуатационные затраты) и свой экономический эффект E (количество сэкономленной тепловой энергии в стоимостном выражении).

Из рассмотренных мероприятий на каждом этапе системы теплоснабжения может быть применено одно или несколько направлений повышения энергетической эффективности из всей совокупности дуг, что показано знаком « \wedge » в вершине 2. В случае возможности внедрения из всей совокупности только одного мероприятия указывается знак « \vee » – вершина 1 [2].

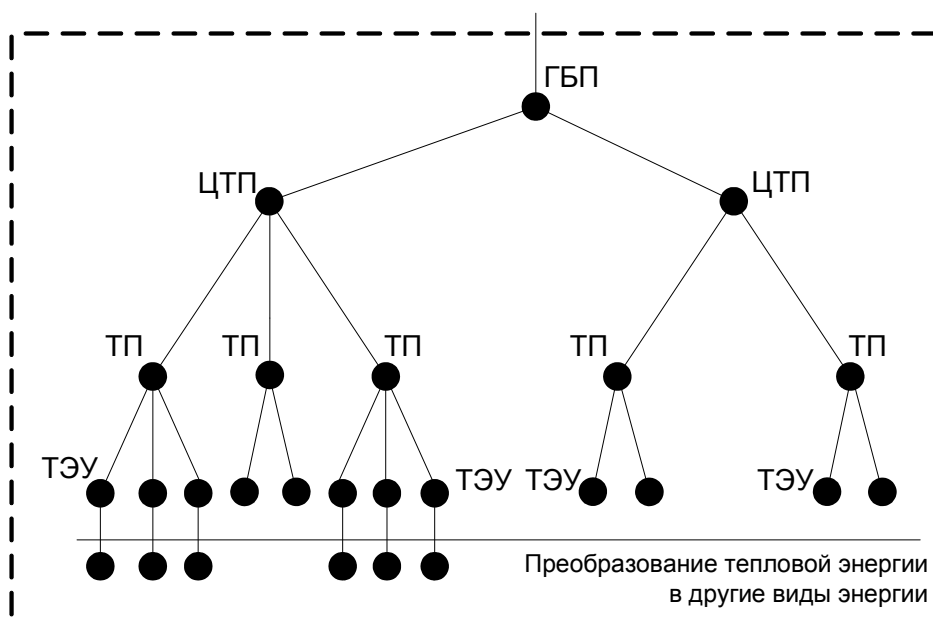


Рис. 2. Общий вид граф-схемы системы теплоснабжения промышленного предприятия: ГБП – граница балансовой принадлежности сторон; ЦТП – центральный тепловой пункт; ТП – тепловой пункт цеха; ТЭУ – теплоэнергетическая установка

Таким образом, используя предложенный граф, можно пройти от ЦТП к ТП разными путями (используя различные мероприятия) и определить затраты C_i и экономический эффект E_i , что позволяет оценить по тому или иному критерию эффективность рассматриваемых мероприятий.

Предложенная граф-схема может использоваться для представления системы теплоснабжения всего промышленного предприятия [3] – от границы балансовой принадлежности сторон до преобразования тепловой энергии в другие виды энергии (рис. 2).

Порядок выбора вариантов можно представить в следующем виде:

- формирование множества альтернативных вариантов решения (альтернатив);
- формирование множества критериев оценки альтернатив;
- получение оценок альтернатив по критериям;
- выбор лучшей альтернативы, которая и выдается системой в качестве рекомендации.

В результате применение специализированной граф-схемы позволяет исполнителю выбрать актуальные мероприятия по энергосбережению как для всего предприятия в целом, так и для конкретных промышленных площадок или цехов. В дальнейшем эти мероприятия должны быть оценены с помощью методов многокритериального анализа, например

Мокроусов Валерий Сергеевич,

ФГБОУВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,

аспирант кафедры информационных систем и информационного менеджмента,

телефон (4922) 44-39-20,

e-mail: valmok@mail.ru

метода анализа иерархий [4] или метода анализа среды функционирования [5].

Список литературы

1. Кристофидес Н. Теория графов, алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 406 с.
2. Игошин В.И. Математическая логика и теория алгоритмов. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 448 с.
3. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий. – М.: МЭИ, 2002. – 408 с.
4. Саати Томас Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
5. Кривоножко В.Е. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. – М.: Изд. отдел фак-та ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. – 208 с.

References

1. Kristofides N. *Teoriya grafov, algoritmicheskiy podkhod* [Graph theory, algorithmic approach]. Moscow, Mir, 1978. 406 p.
2. Igoshin V.I. *Matematicheskaya logika i teoriya algoritmov* [Mathematical logic and theory of algorithms]. Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008. 448 p.
3. Nazmeev Yu.G., Konakhina I.A. *Teploenergeticheskie sistemy i energobalansy promyshlennykh predpriyatiy* [Thermal energy systems and energy balance of industrial enterprises]. Moscow, MEI, 2002. 408 p.
4. Saati Tomas L. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision-making. The analytic hierarchy process]. Moscow, Radio i svyaz', 1993. 278 p.
5. Krivonozhko, V.E. *Analiz deyatel'nosti slozhnykh sotsial'no-ekonomicheskikh system* [The analysis of complex socio-economic systems]. Moscow, Izdatel'skiy otdel fakul'teta VМиК МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. 208 p.