

УДК 658.264+658.261/262

Андрющенко Е. С.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ АРЕАЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В условиях развития социально ориентированной рыночной экономики возрастает значимость сферы теплового хозяйства как одной из приоритетных сфер экономической деятельности и роль теплоэнергетических предприятий, деятельность которых связана с обеспечением возрастающих потребностей населения и предприятий в тепловой энергии. В условиях недостаточного обеспечения собственными топливно-энергетическими ресурсами, систематического роста цен на отечественные и импортные энергоресурсы, для Украины все более актуальной становится необходимость практического решения задач оптимизации условий хозяйствования теплоэнергетических предприятий и энергосбережения во всех звеньях национальной экономики. Подход к хозяйствованию на принципе оптимизации условий его осуществления предусматривает такое распределение и использование имеющихся ресурсов между отдельными направлениями деятельности, при котором достигается максимальная социально-экономическая эффективность хозяйствования.

Основным инструментом создания оптимальных условий достижения максимальной эффективности хозяйствования при рациональном использовании имеющихся ресурсов, и особенно энергетических, является топливно-энергетический баланс региона. Без топливно-энергетического баланса, политика энергетического развития региона будет осуществляться «вслепую», без учета основных структурных изменений энергобаланса государства, что приводит к ослаблению финансовой стабильности топливно-энергетического комплекса региона. Однако, несмотря на особую важность данной проблемы, в Украине на современном этапе развития экономики ей не уделяется соответствующего внимания.

Проблемам оптимального планирования народного хозяйства и разработке методологии построения плановых межотраслевых балансов и балансовых схем с применением математических методов в экономических исследованиях, поиску и внедрению качественно новых подходов к оптимизации топливного баланса посвящены труды таких отечественных и зарубежных ученых как Канторович Л. В., Немчинов В. С., Струмилин С. О., Бирман И. Я., Гранберг А. Г., Лукьянец А. А., Мезенцев К. В., Лир В. Э. и др. Анализ проблем в коммунальной теплоэнергетике и разработка путей их решения рассматривают в своих трудах Чумаченко М. Г., Долинский А. А., Басок Б. И., Базеев Е. Т., Кучин Г. П., Кулик М. М., Жовтянский В. А., Стогний Б. С. и др. Анализ публикаций [1–7] показал, что в условиях транзитивной экономики остается нерешенной проблема энергоэффективности предприятий теплоснабжения, а разработка единой модели топливно-энергетического баланса вызывает затруднения, связанные с невозможностью охвата существенных связей модели, в связи с чем возникает необходимость разработки новых подходов к содержанию и условиям реализации программ повышения энергоэффективности, а также разработке экономико-математических моделей оптимизации условий хозяйствования теплоэнергетических предприятий.

Целью статьи является анализ проблем функционирования теплоэнергетических предприятий, выявление подходов к оптимизации границ ареала обслуживания теплом предприятий и населения.

Актуальность научных исследований, связанных с вопросами оптимизации функционирования теплоэнергетических предприятий, обусловлена тем, что на протяжении ряда лет, в условиях растущей энергетической зависимости государства, не осуществлялся экономический анализ и прогнозирование в секторе теплоснабжения, кроме того, в стране полностью

утрачены методические основы энергетического планирования и прогнозирования, существовавшие при СССР. Возникновение этой ситуации связано с преимущественным экстенсивным развитием топливно-энергетического комплекса, результатами чего является неуклонное наращивание объемов использования традиционных топливно-энергетических ресурсов, запасы которых близки к истощению. Сегодня в Украине возникает острая необходимость переоценки роли некоторых видов энергетических ресурсов в топливно-энергетическом балансе, инвентаризации потенциала местных источников топлива и энергии и формирования принципиально новой политики оптимального планирования в развитии регионального энергообеспечения [8].

Теплоэнергетические предприятия относят к малой энергетике, это – районные отопительные и отопительно-производственные котельные, заводские ТЭС, ТЭЦ и котельные, промышленные печи, автономные теплоцентрали, предназначенные для обслуживания нескольких домов и сооружений, индивидуальных строителей и т. п. Все эти энергогенерирующие объекты малой мощности имеют признаки (единой) отдельной отрасли со своими – продукцией в виде тепловой и электрической энергии, потребностями в топливе, оборудовании, материалах, инвестициях, а также своим вкладом в обострение экологической обстановки.

Малая энергетика является наиболее топливоёмкой отраслью Украины. Она потребляет около 70 % котельно-печного топлива, которое используется в стране. Одной из отраслей малой энергетике, которая требует комплексной модернизации, является коммунальная теплоэнергетика.

Теплоснабжение населенных пунктов Украины обеспечивают 7418 предприятий коммунальной теплоэнергетики всех форм собственности, на которых эксплуатируется 31312 котельных суммарной мощностью 133311,7 Гкал/год. Протяженность тепловых и паровых сетей в 2010 году составила 35834,2 км. Суммарное производство тепловой энергии по Украине в среднем за год составляет 119855,9 тыс. Гкал, а реализация – 111109,5 тыс. Гкал [9]. Производство тепловой энергии является наиболее ресурсоемкой отраслью ЖКХ Украины и экономики в целом. Так, согласно данным [10], в ЖКХ потребляется 44 % энергетических ресурсов, что представляет около 30 % общих расходов топлива в стране. В общем балансе потребления энергоносителей теплоснабжение занимает 38,8 %.

Функционирование предприятий отрасли в условиях рыночной среды при ориентации поставщиков топливно-энергетических ресурсов на мировые цены приводит к возникновению целого ряда проблем:

- значительным потреблением дефицитных для Украины видов топлива – газа и мазута (около 60 % от общего количества топлива);
- низким техническим уровнем и высокой степенью изношенности оборудования;
- существенной экологической нагрузкой;
- ведомственной разобщенностью объектов и систем, что препятствует проведению единой технической политики;
- отсутствием хорошо налаженной системы учета тепло и энергопотребления индивидуальными потребителями;
- недостатком системы потребления энергии по многоставочным тарифам;
- неудовлетворительным состоянием тепловых сетей. Общий износ тепловых сетей составляет около 70 %;
- сокращение объема услуг централизованного теплоснабжения за счет отключения потребителей горячего водоснабжения и отопления [4, 9].

В связи с этим одним из направлений повышения экономической эффективности функционирования теплоэнергетических предприятий является, на наш взгляд, разработка модели сбалансированности скорректированных по обеспечению топливом производственных мощностей предприятий – производителей тепла с объектами его потребления.

При решении вопросов оптимизации границ ареала обслуживания потребителей тепловой энергии стоит проблема осуществить распределение готовой продукции между ее пользователями таким образом, чтобы с одной стороны, удовлетворить спрос потребителей на продукцию, а с другой – обеспечить при распределении наиболее рациональное использование ресурсов. Такое распределение называется оптимальным, в связи, с чем задачу, для решения данной проблемы, можно назвать задачей об оптимальном распределении продукции между ее пользователями.

В данном случае речь идет о рациональных поставках тепловой энергии потребителям, то есть однородного (одного и того же назначения и качества) продукта.

Здесь для каждого потребителя тепловой энергии безразлично, откуда, из каких пунктов производства она будет поступать, важно чтобы она поступила в нужном объеме и по приемлемой цене.

Следовательно, цель оптимизации связей между производителями и потребителями тепловой энергии – рациональное прикрепление пунктов ее потребления к пунктам производства, так как именно от этого зависит величина расходов по ее транспортировке. В качестве инструмента для рационального распределения тепловой энергии, при котором потребности удовлетворяются, а затраты на передачу тепловой энергии минимальны, наиболее приемлема транспортная задача, описанная Л. Канторовичем и А. Горстко [7] в матричной или шахматной постановке, в которой информация о расстояниях и грузопотоках задана в виде «шахматной» таблицы-матрицы. Привлекательность её использования при передаче тепла в сравнении с другой формой транспортной задачи в сетевой постановке заключается в следующем. При матричной постановке задачи предполагаются известными затраты по транспортировке единицы продукта из каждого j -го пункта производства в i -й пункт потребления, а схема поставок жестко регламентирована.

Эта задача по технологической схеме взаимосвязей между производителями и потребителями наиболее близка к взаимосвязям подразделений теплоэнергетического узла. В классической постановке данная задача, предназначается для оптимизации схемы поставок груза в условиях когда производители продукции не имеют жесткой связи с потребителями, то есть они могут строить оптимальную схему поставок исходя из принципа выбора потребителей по критерию достижения минимизации транспортных затрат за счет разности фактических потенциалов.

Однако для передачи тепловой энергии от производителя к потребителям такая постановка задачи не приемлема потому, что здесь каждый потребитель жестко привязан к соответствующему производителю, то есть в данной схеме степень свободы выбора практически отсутствует. Следовательно, должны оптимизироваться границы привязки потребителей к производителям тепла не по фактической разности потенциалов, а по разности между нормативными и фактическими потенциалами. Кроме того, при подаче тепловой энергии понятие потенциалов меняется. Если при транспортировке грузов в качестве потенциалов выступает транспортная составляющая в себестоимости продукции, то при передаче тепловой энергии потребителям потенциал представлен затратами на транспортировку и затратами на компенсацию потерь в трубопроводах за счет подогрева теплоносителя до нормативов, при которых он должен передаваться потребителям.

Исходя из вышеизложенного, задача оптимизации поставок тепловой энергии в теплоэнергетическом узле региона ставится и формализуется следующим образом. В соответствующем тепловом секторе по расстоянию транспортировки тепловой энергии имеются предприятия по выработке тепла A_1, A_2, \dots, A_n с объемом его выработки в единицу времени, равными соответственно a_1, a_2, \dots, a_n и пункты (объекты) потребления B_1, B_2, \dots, B_m с объемами потребления тепловой энергии равными b_1, b_2, \dots, b_m соответственно.

На основе соблюдения баланса «производство – потребление» принимаем жесткое ограничение – равенство:

$$\sum_{j=1}^n a_j = \sum_{i=1}^m b_i.$$

В качестве исходных данных в модели, базирующейся на транспортной задаче будут участвовать:

- затраты по транспортировке теплоносителя от j -го предприятия - производителя к i -му объекту его потребления в денежной форме (потенциал по транспорту) (ρ_T);
- затраты по подогреву теплоносителя (потенциал подогрева) (ρ_n);
- количество тепловой энергии доставляемой от j -го производителя к i -му потребителю (x_{ji}).

При этом необходимо найти такую схему «производители-потребители», при которой будут удовлетворены потребности в тепле объектов B_1, B_2, \dots, B_m , а фактические суммарные затраты на его передачу не будут превышать нормативные. В математической формулировке решение задач выражается в поиске суммарного минимума фактических затрат на передачу и подогрев теплоносителя не превышающих нормативных (функция цели).

$$\sum_{i=1}^{\varphi} \left[\sum_{l=1}^L \left(P_j^i - \sum_{i=1}^I P_{jli}^{\phi} \right) X_{jli} \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

при ограничениях по:

- 1) производственной мощности:

$$M_j \leq \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I X_{li}; \quad (2)$$

- 2) каждому потребителю в соответствующем секторе поставляется требуемое по нормативу количество тепловой энергии:

$$\sum_{l=1}^L \left(P_j^H - \sum_{i=1}^I P_{jli}^{\phi} \right) X_{jli} = \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I b_{jli}; \quad (3)$$

- 3) каждый объект производитель транспортирует все тепло потребителям:

$$\sum_{j=1}^{\varphi} X_{j_j} = \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I b_{jli}; \quad (4)$$

- 4) разность между нормативными и фактическими потенциалами не может быть величиной отрицательной:

$$\sum_{j=1}^{\varphi} \left[\sum_{l=1}^L \left(P_j^H - \sum_{i=1}^I P_{jli}^{\phi} \right) X_{jli} \right] \geq 0; \quad (5)$$

- 5) все получаемые показатели не могут быть отрицательными:

$$x \geq 0; b \geq 0; p^H \geq 0; p^\Phi \geq 0. \quad (6)$$

В модели (1–6) всякая схема поставок x_{ji} при $j = 1, 2 \dots n; i = 1, 2 \dots m$, удовлетворяющая условиям (2–5), является допустимой (оптимальной) схемой поставок тепловой энергии, для которой суммарные фактические затраты (1) на транспортировку и подогрев теплоносителя не превышают нормативных.

Общеизвестно, что приведенную функцию цели (1), учитывая, что транспортная задача это частный случай линейного программирования, логически можно сформулировать следующим образом. Допустим, что схема транспортировки и подогрева теплоносителя тогда и только тогда является оптимальной, когда каждому объекту выработки тепловой энергии и объекту ее потребления можно сопоставить величины, характеризующие уровень оценки тепловой энергии по их потенциалу так, что множество этих потенциалов удовлетворяют следующим требованиям:

– разность между нормативными и фактическими потенциалами объектов потребления и выработки тепловой энергии, между которым намечается ее транспортировка и подогрев теплоносителя стремится к 0;

– аналогичные разности для всех остальных пар не превышают нормативные затраты по транспортировке и подогреву теплоносителя.

Отсюда вытекает следующее – если обозначить U_j -нормативный потенциал для j -го объекта производства тепловой энергии, а через V_i -фактический потенциал для i -го объекта потребления тепловой энергии, то эти условия записываются следующим образом:

$$U_j - V_i \geq 0.$$

Здесь оценки, то есть потенциалы, выступают в качестве локальных стоимостей транспортировки и подогрева теплоносителя в рациональных схемах привязки потребителей к производителям тепловой энергии.

При такой интерпретации признак оптимальности схемы транспортировки и подогрева теплоносителя объектами потребления представляет собой математическое выражение здравого смысла – если какая-либо поставка осуществляется, то цена объекта потребления равна цене объекта ее выработки плюс транспортные затраты.

Логика и механизм решения задачи, то есть формирования оптимальной схемы поставок тепловой энергии за счет ее рационализации по затратам, исходя из некоторой допустимой исходной схемы, рассмотрена на примере одной из котельных г. Симферополя.

Для соблюдения принципа рационализации распределения тепловой энергии все потребители тепла теплового квартала, группируются по соответствующему количеству территориальных секторов, в зависимости от расстояния подачи тепла от производителя к его потребителю. Например: сектор 1 (от 0 до 100 м); сектор 2 (от 101 до 200 м); сектор 3 (от 201 до 300 м); сектор 4 (от 301 до 400 м); сектор 5 (от 401 до 500 м); сектор 6 (от 501 до 600 м); сектор 7 (от 601 до 700 м); сектор 8 (от 701 до 800 м).

По указанным секторам, исходные данные для решения задачи группируются в таблицах по строкам которых располагаются предприятия (A) и объемы выработки тепловой энергии, а по столбцам объекты потребления (B) и объемы ее потребления.

На пересечении строк и столбцов располагаются следующие данные:

p^Φ – величины фактических потенциалов (стоимость передачи тепловой энергии и подогрева теплоносителя);

$r_n \phi$ – разность между нормативными и фактическими потенциалами;

γ_{ji} – фактические объемы поставленного тепла потребителям в единицу времени;

R_j – результати, полученные j -ми производителями тепловой энергии по разности потенциалов (прибыль «+», убытки «-»).

По данным таблиц осуществляется формирование допустимой схемы поставок тепловой энергии.

ВЫВОДЫ

Оптимизация границ ареала обслуживания потребителей теплоэнергетических предприятий достигается за счет сбалансированности скорректированных по обеспечению топливом производственных мощностей предприятий – производителей тепла с объектами его потребления. Цель оптимизации связей между производителями и потребителями тепловой энергии – рациональное прикрепление пунктов ее потребления к пунктам производства, так как именно от этого зависит величина расходов по ее транспортировке. Данный подход предусматривает такое распределение и использование имеющихся ресурсов между отдельными направлениями деятельности, при котором возможно достижение максимальной социально-экономической эффективности хозяйствования. Проведена содержательная и математическая постановка задачи оптимизации границ ареала обслуживания потребителей теплоэнергетических предприятий. В качестве исходных данных в модели, базирующейся на транспортной задаче участвуют: 1) затраты по транспортировке теплоносителя; 2) затраты по подогреву теплоносителя; 3) количество тепловой энергии, доставляемой от j -го производителя к i -му потребителю.

Сформулированная задача принадлежит к классу задач линейного программирования. Разработанный методический подход и математическая модель могут быть использованы для систем теплоснабжения населенных пунктов и других теплоэнергетических предприятий для формирования городских, областных целевых программ энергоэффективности, которые реализуются в условиях ограниченного финансирования и конкуренции на рынке тепла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канторович Л. В. *Оптимальные модели перспективного планирования* / Л. В. Канторович, В. Л. Макаров // *Применение математики в экономических исследованиях*. – М., 1965. – Т. 3. – С. 7–87.
2. Мелентьев Л. А. *Системные исследования в энергетике: Элементы теории, направления развития* / Л. А. Мелентьев. – 2-изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1983. – 455 с.
3. Лир В. *Энергетический баланс Украины – уравнение из неизвестных: организационно-методологические аспекты разработки и экономического анализа сводного энергетического баланса Украины [Электронный ресурс]* / В. Лир // *Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»*. – 2005. – № 10. – Режим доступа к журн.: <http://www.epi.kiev.ua>.
4. Кулик М. М. *Аналіз стану розвитку систем теплопостачання в Україні [Електронний ресурс]* / М. М. Кулік, Г. О. Куц, В. Д. Білодід // *Проблеми загальної енергетики*. – 2006. – № 14. – С. 13–24. – Режим доступу: <http://www.ieenergy.kiev.ua>.
5. Долинский А. А. *К вопросу энергоэкономической оптимизации энергетических систем* / А. А. Долинский // *Пром. теплотехника*. – 2009. – Т. 31, № 4. – С. 105–109.
6. *Стратегія енергосбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізм реалізації політики енергосбереження* / за ред. В. А. Жовтянського, М. М. Куліка, Б. Г. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т. 2. – 600 с.
7. Канторович Л. В. *Оптимальные решения в экономике* / Л. В. Канторович, А. Б. Горстко. – М.: Изд-во «Наука», 1972. – 235 с.
8. Андриюченко Е. С. *Теория формирования оптимальных топливно-энергетических балансов региона* / Е. С. Андриюченко // *Экономика и управление*. – Симферополь: НАПКС, 2012. – № 1. – С. 87–93.
9. *Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. [Електронний ресурс]*. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>. – Доступне станом на 7 червня 2012 р.
10. *Статистичний збірник Україна у цифрах 2011 // Держкомстат України*. – 2012 р. – 251 с.

Статья поступила в редакцию 21.11.2012 г.