

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2008 А.И. Клевлин, А.А. Глухова*

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, система энергообеспечения, методика оценки развития, модель системы управления энергообеспечением ЖКХ, энергосбережение, управляющая подсистема, управляемая подсистема.

Раскрываются проблемы развития системы энергообеспечения жилищно-коммунального хозяйства в Самарской области. В качестве решения проблем предложена методика оценки развития системы энергообеспечения ЖКХ и модель системы управления ее развитием.

Трансформации, происходящие в экономике страны, в том числе в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), привели к тому, что к настоящему времени практика обеспечения ЖКХ тепловой и электрической энергией базируется на затратных технологиях с точки зрения использования топлива, а это, в свою очередь, приводит к росту тарифов на энергоносители. Этот факт объясняется тем, что в энергетическом хозяйстве страны имеется определенный дефицит мощностей, используемое оборудование устарело морально и физически, а также тем, что организационно-экономический механизм системы энергообеспечения не соответствует современным требованиям, предъявляемым к ЖКХ потребителями и не нацелен на развитие. Также существует проблема, выражающаяся в отсутствии системы показателей, характеризующих развитие системы энергообеспечения объектов ЖКХ. Недостаточность методики оценки не позволяет сформировать модель развития системы энергообеспечения, снизить затраты на качество функционирования ЖКХ в целом и стабилизировать тарифы.

Анализ состояния существующей системы ЖКХ в Самарской области выявил множество проблем, влияющих на развитие и эффективность функционирования системы энергообеспечения ЖКХ. Основные проблемы подсистемы коммунального хозяйства в Самарской области выражены в дефиците инвестиций в развитие и модернизацию объектов производства и передачи энергии; в низкой эффективности использования энергетических ресурсов предприятиями ЖКХ; в

отсутствии механизмов оптимизации потребления топлива и применения энергосберегающих технологий на территории Самарской области и особо актуальны данные проблемы в малых городах и селах¹.

Характеристика состояния существующего энергетического комплекса города Похвистнево в сфере энергообеспечения населения характеризуется слабой надежностью электроснабжения потребителей, дефицитом мощностей энергоснабжения от централизованных источников, высоким уровнем потерь в электрических и тепловых сетях по причине технического состояния и несовершенства системы учета электрической и тепловой энергии, а также отдаленности источников от потребителей энергии и другими проблемами².

В качестве решения задачи оптимизации системы энергообеспечения ЖКХ выберем метод динамического программирования, который ориентирован на поиск оптимального управления широкого класса систем, в том числе для решения задач планирования, распределения ресурсов, снабжения и т.д. Обосновывается наш выбор тем, что система энергообеспечения является сложной системой, состоящей из подсистем, каждую из которых надо оптимизировать. Оптимизация задачи, имеющей много этапов и много факторов, требующих оптимизации относится к области динамического программирования, так как в основе метода лежит специфический принцип оптимальности, определяющий стратегию поиска оптимального управления.

Принцип формулируется следующим образом: оптимальное управление не зависит

* Клевлин Александр Иванович, доктор экономических наук, профессор Тольяттинского государственного университета; Глухова Анна Анатольевна, ст. преподаватель Тольяттинского государственного университета.

от предыстории процесса изменения состояния системы, а определяется лишь ее состоянием в рассматриваемый момент времени. Этот принцип определяет требования, предъявляемые к последующему движению системы, начиная с текущего момента времени и до конца процесса управления. Из принципа следует, что поиск оптимального управления по этому методу, как правило, идет от конца процесса к его началу. Если задана задача с фиксированными значениями начального и конечного состояния процесса, то направление поиска оптимального управления может быть как с начала, так и с конца процесса. Выявим транспортную составляющую и выполним ее оптимизацию на основе метода динамического программирования. Предложенная выше экономико-математическая модель рационального использования мощностей, при ограничениях:

- ◆ минимизации транспортных расходов;
- ◆ многотопливности;
- ◆ когенерации процесса формирования энергии;

◆ минимизация количества источников энергии, с целью снижения суммарной стоимости их содержания;

- ◆ минимизировать потери мощности энергии, при передаче от источника к потребителю.

Составим модель оптимального энергообеспечения потребителей при помощи метода динамического программирования. Применим этот метод на конечном этапе, когда будут найдены оптимальные состояния каждой составляющей сложной системы энергообеспечения. Сначала определим основные этапы составления математической модели задачи динамического программирования³.

1. Разбиение задачи на шаги (этапы). Шаг не должен быть слишком мелким, чтобы не проводить лишних расчетов и не должен быть слишком большим, усложняющим процесс шаговой оптимизации. На рис. 1 отображена разбивка движения энергии от поставщика до потребителя на 4 этапа. На первом этапе осуществляется поставка топлива поставщиком. На втором этапе каждым энергетическим объектом осуществляется выработка энергии. На третьем этапе начинается распределение энергии по потребителям, в зависимости от запрашиваемых условий. На

четвертом этапе потребитель получает распределенную ему, в зависимости от условий распределения энергию.

2. Выбор переменных, характеризующих состояние моделируемого процесса перед каждым шагом, и выявление налагаемых на них ограничений.

В нашем случае данным ограничением будет являться надежность энергообеспечения.

3. Определение множества шаговых управлений $x_i, i = 1 \dots m$ и налагаемых на них ограничений, т.е. области допустимых управлений X .

Если рассмотреть предлагаемый нами алгоритм пошаговой детализации, то до решения задачи динамического программирования, как видно из этапа номер один, нужно распределить количество вырабатываемой энергии по потребителям, в зависимости от их запросов. Это можно сделать при помощи решения, так называемой, транспортной задачи. А затем задать следующие ограничения.

Потребляемое топливо $\rightarrow \min$

Потери энергии при выработке $\rightarrow \min$

Потери энергии при распределении $\rightarrow \min$

Количество потребителей $\rightarrow \max$

Количество энергоустановок $\rightarrow \min$

Показатель эффективности задачи в целом обозначим через W , а показатели эффективности для каждого отдельного шага - через $\varphi_i, i = 1 \dots 4$.

Если W обладает свойством аддитивности, то можно записать

$$W = \sum \varphi_i, \quad (1)$$

где φ_1 - эффективность шага поставки топлива; φ_2 - эффективность шага выработки энергии; φ_3 - эффективность шага распределения энергии; φ_4 - эффективность шага потребления энергии;

Переменная x_i , от которой зависит эффективность на i -м шаге и, следовательно, эффективность в целом, называется шаговым управлением, $i = 1 \dots m$.

Управлением процесса в целом (X) называется последовательность шаговых управлений (вектор управлений) $X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$.

Так как в нашем примере наиболее значимым является третий этап (этап распре-

Рис. 1. Этапы движения энергии

ления энергии), то рассмотрим его более подробно.

Применим двухступенчатый механизм оптимизации данного этапа сначала решая транспортную задачу, а затем оптимизируя по методу динамического программирования.

Для выполнения данных задач необходимы следующие показатели:

$W_э$ - мощность вырабатываемой энергии установкой;

W_n - мощность потребляемой энергии населением;

R - общее расстояние от генерирующих установок до потребителей энергии. При этом

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^m r_{ik} + r_{kj}, \quad (2)$$

где r_{ij} - конкретное расстояние между установкой и потребителем энергии; $i = 1 \dots n$; n - количество генерирующих установок; m - количество потребителей энергии.

При этом

$$W_n(R) \rightarrow W_э, \quad (3)$$

Будем учитывать стоимость передаваемой энергии от i -го потребителя к j -му поставщику C_{ij} и найдем потери (затраты), учитывая

запрос на потребность в энергии конкретного потребителя W_c по формуле

$$P = C_{ij} \cdot W_c \cdot R_{ij}, \quad (4)$$

где C_{ij} - стоимость передаваемой энергии объема W_c на расстоянии от источника i к потребителю j (R_{ij}).

Тогда, необходимо рассматривать функционал, чтобы оптимизировать целевую функцию эффективности (эффективность функционирования системы энергообеспечения региона стремится к max). Аддитивность является одной из причин применения метода ДП. Так как система энергообеспечения сложная и надо решать ее поэтапно и оптимизировать каждый этап, определяем эффективность каждого этапа - одной из составляющих по функционалу

$$F = f(W, R, P). \quad (5)$$

Таким образом, применение теории оптимального управления может являться научной базой механизма оптимального энергообеспечения потребителей. Механизмом оптимизации будет сочетание методов экономико-математического моделирования в виде транспортной задачи и динамического программирования, позволяющих определить оптимальный

состав совокупности функций, описывающих энергообеспечение потребителей области. Сколько потребителей должно обслуживать мини-ТЭЦ, так чтобы вся энергия была распределена $W_s \cong W_{np}$ причем. W_n зависит от R .

$$\text{Причем } W_n \text{ зависит от } R = \sum_{i=1}^n ri. \quad (6)$$

$$\text{Тогда } W_n(R) \rightarrow W_s. \quad (7)$$

Для расчетов подтверждения модели выберем Самарский регион.

Необходимо знать: m - число котельных; n - число объектов потребления; Расстояния от i поставщика к j потребителю; Потери (p) на 1 км; Стоимость энергии передаваемой от поставщика к потребителю. Выполним расчеты по материалам г. Похвистнево. На сегодня на территории г. Похвистнево действуют шесть котельных, с суммарной теплопроизводительностью в среднем 52 Гкал/ч. Нами предлагается использовать две мини-ТЭЦ с суммарной производительностью 62 Гкал/ч. Путем решения транспортной задачи с учетом ограничений, доказано, что этот выбор целесообразен.

Таким образом, нами предлагается методика оценки развития системы энергообеспечения ЖКХ представленная на рис. 2. Данная методика представляет собой некоторую процедуру, включающую свод правил, алгоритм, согласно которого можно оценить развитие системы энергообеспечения ЖКХ. Предлагаемая нами методика состоит из четырех взаимосвязанных этапов. На первом этапе оценивается собственно состояние ЖКХ с точки зрения соответствия показателей к внешней среде. Обычно, контролируемые параметры сравниваются в динамике и выявляются проблемы существующего состояния отрасли. На втором этапе анализируются возможные пути развития системы через улучшение каких-либо факторов. На третьем этапе, на базе этих и других факторов выявляют взаимосвязь факторов между собой и их конечное влияние на весь объект исследования. На четвертом этапе проектируется непосредственно развитие системы энергообеспечения ЖКХ. Опишем каждый этап подробнее. На первом этапе необходимо оценить состояние отрасли на определенной территории. При этом должны быть раскрыты основные показатели, характеризующие уровень

состояния ЖКХ. Нами определены следующие показатели: уровень физического износа основных фондов ЖКХ, размер инвестиций в данную отрасль, объемы затрат на эксплуатацию основных фондов, уровень энергоемкости валового регионального продукта, доля ЖКХ в структуре потребления как тепловой так и электрической энергии.

Следующий этап связан с анализом развития системы энергообеспечения ЖКХ. На данном этапе раскрываются такие важные показатели как количество генерирующих установок в регионе, уровень технического состояния данных установок, уровень мощности системы энергообеспечения ЖКХ, уровень технического состояния и расстояний электрических сетей от производителя до потребителя, объем годовой выработки электрической энергии и годовой закупки электрической энергии с НОРЭМ, объем годовой выработки тепловой энергии, уровень коэффициента использования топлива, уровень потерь энергии на стадии производства и распределения энергии, уровень себестоимости тепловой и электрической энергии.

На третьем этапе проводится факторный анализ системы энергообеспечения, с целью выявления основных факторов, влияющих в итоге на себестоимость тепловой и электрической энергии. При этом необходимо определить следующее: провести анализ факторов, влияющих на развитие системы энергообеспечения; систематизировать факторы с их количественными показателями; определить зависимости каждого фактора на уровень себестоимости тепловой и электрической энергии в регионе; определить факторы оказывающих наиболее существенное влияние на результирующий показатель; построить модели взаимосвязи наиболее значимых факторов.

На последнем этапе проектируется развитие системы энергообеспечения ЖКХ. Четвертый этап основан на первых трех и характеризуется следующими действиями: разработка комплекса средств обеспечивающих развитие системы энергообеспечения ЖКХ; определение оптимального количества генерирующих установок на территории, с учетом запроса потребителей; разработка модели эффективного размещения генерирующих установок; разработка алгоритма управления развитием системы энергообеспечения ЖКХ;

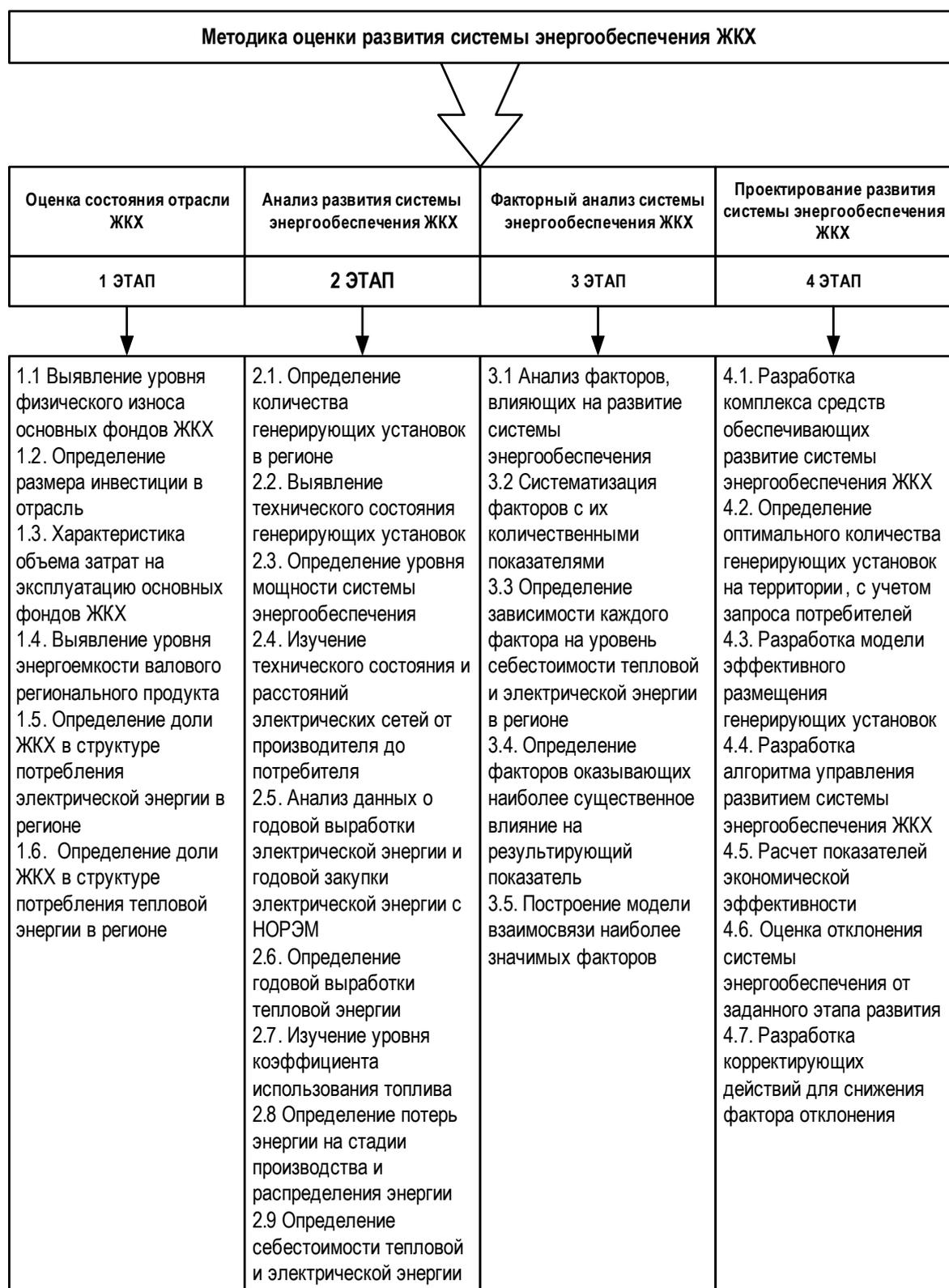


Рис. 2. Методика оценки развития системы энергообеспечения ЖКХ

расчет показателей экономической эффективности; оценка отклонения системы энергообеспечения от заданного этапа развития; разработка корректирующих действий для снижения фактора отклонения.

Таким образом, данная методика оценки развития системы энергообеспечения ЖКХ может быть использована для любой отрасли экономики на определенной территории.

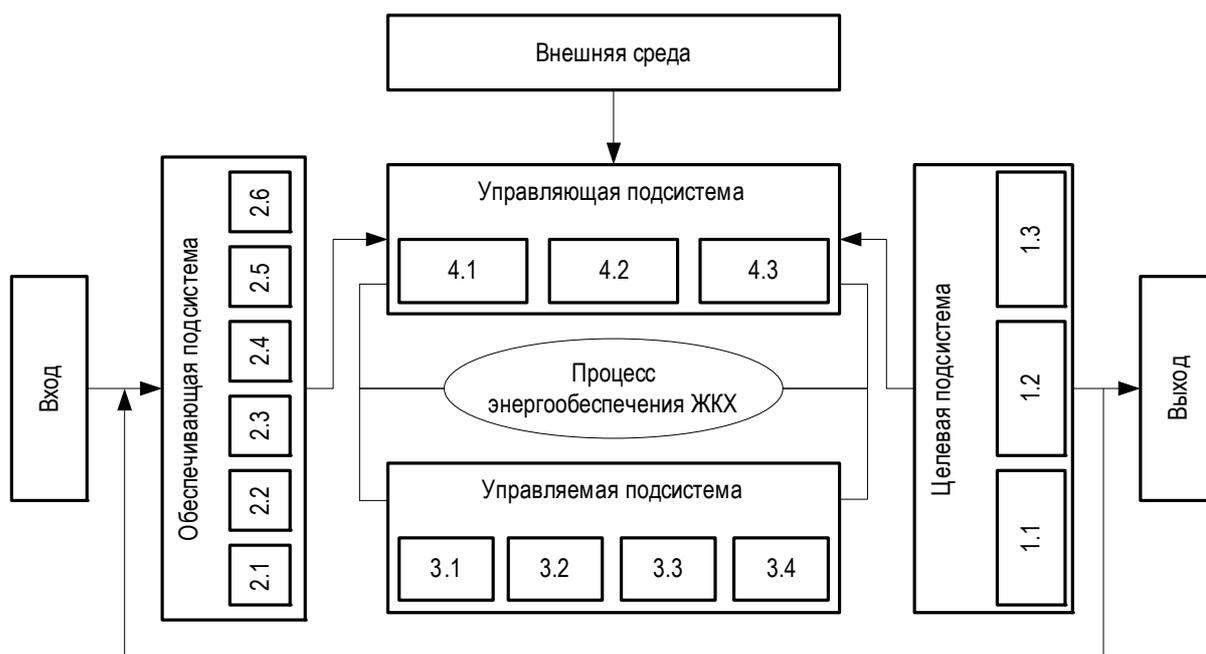


Рис. 3. Модель системы управления энергообеспечением ЖКХ

Описанная выше методика непосредственно связана с моделью управления развитием системы энергообеспечения ЖКХ, которая представлена на рис. 3.

Раскроем составляющие каждой из представленных подсистем. Под целевой подсистемой (1) нами понимается набор целей, в соответствие с которыми осуществляется управление процессом энергообеспечения ЖКХ. Каждая цель имеет свой оценочный механизм ее достижения. Обратная связь позволяет оценивать и регулировать путем своевременных корректирующих действий механизм управления. Целевая подсистема включает: максимальное использование электрической и тепловой энергии при минимальных затратах (1.1), развитие системы энергообеспечения ЖКХ (1.2), адаптация системы к внешней среде (1.3). Обеспечивающая подсистема (2) включает научно-методическое обеспечение (2.1), информационное обеспечения (2.2), правовое обеспечения (2.3), финансовое обеспечения (2.4), кадровое обеспечение (2.5), организационно-технологическое обеспечение (2.6).

Управляемая подсистема (3) включает маркетинговые исследования (3.1), объекты энергообеспечения ЖКХ (3.2), создание электрической и тепловой энергии (3.3). Управляю-

щая подсистема (4) включает управление энергообеспечением ЖКХ (4.1), разработка и принятие управленческих решений по развитию системы энергообеспечения ЖКХ (4.2), координирование мероприятий по реализации механизма управления системой энергообеспечения ЖКХ (4.3). Необходимо отметить, что разработанная методика оценки развития системы энергообеспечения ЖКХ, а также модель системы управления энергообеспечением ЖКХ представляют собой рекомендации по развитию системы энергообеспечения ЖКХ Самарской области в целях снижения себестоимости тепловой и электрической энергии путем энергосбережения.

¹ Глухова А.А. Управление энергоемкостью ЖКХ в регионе на основе процессного подхода // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2008. №6. С. 15-20.

² Концепция «Энергообеспечение населения Самарской области» от 28.11.2003 № 445.

³ Глухова А.А. Применение теории оптимального управления для формирования оптимальной системы энергообеспечения населения Самарского региона // Современные проблемы науки, образования и производства: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, специалистов, преподавателей и молодых ученых, 19 апр. 2008 г.: В 2 т. Т.1. Н. Новгород, 2008. С. 237-239.