



**И. А. ГЕРАСИМОВ**  
Аспирант кафедры  
стратегического  
и антикризисного  
управления ФГБОУ ВПО  
«Финансовый университет  
при Правительстве РФ».

Область научных  
интересов: проблемы  
формирования  
экономического механизма  
энергоснабжения  
предприятия в условиях  
реформирования  
естественных  
монополий, современная  
электроэнергетика,  
естественные монополии.

E-mail:  
igerasimov@ruses.ru

**И**сследовано функционирование экономического механизма энергоснабжения промышленного предприятия. Предложены критерии и методы оптимизации этого механизма. Исследование показало, что эффективное функционирование механизма во многом определяется формированием на предприятии системы энергоменеджмента, а критерии и метод оптимизации механизма работоспособны и применимы для выработки управленческих решений в энергоснабжении промышленного предприятия.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

оптовый рынок электроэнергии и мощности, потребитель электроэнергии, предприятие, реформа электроэнергетики, экономический механизм, электрическая энергия, энергоменеджмент, энергоресурсы, энергоснабжение,

# Критерии ОПТИМИЗАЦИИ механизма энергоснабжения предприятия

## Введение

Энергоснабжение является одной из важнейших обязательных функциональных подсистем системы операций любого предприятия и организации. В условиях развернувшейся реформы энергетической отрасли проблема изменения конфигурации и, возможно, принципов построения системы энергоснабжения современных российских предприятий приобретает большую актуальность [2, с. 256]. Среди значимых аспектов указанной проблемы – выбор предприятием источников энергоснабжения, анализ эффективности их применения и оптимизация их использования. Важно, что электроэнергетика является одним из наиболее сложных и интересных приложений концепции реформирования естественных монополий и на примере реформирования электроэнергетической отрасли можно увидеть практические результаты создания рынка электроэнергии [4, с. 5]. У потребителей энергоресурсов появилась возможность выбирать как поставщика энергоресурсов, так и тарифы. Именно это и объясняет необходимость исследования

отрасли электроэнергетики на новом этапе развития.

## Экономический механизм снабжения предприятия электрической энергией

Экономический механизм (ЭМ) (см. рисунок) электроснабжения современного предприятия целесообразно исследовать с использованием системного подхода [3, с. 69–74]. Его сущность состоит в рассмотрении объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, то есть как системы [5, с. 68–76].

Содержание структуры ЭМ:

- *управление качеством электроэнергии*: определение понятия качества электроэнергии, формирование политики качества электроэнергии, организация обучения энергоменеджменту ответственного персонала, формирование отношений внутри организации с внутренними потребителями электроэнергии, создание системы

качества энергоснабжения, организация кружков энергоменеджмента;

- *управление процессами энергоснабжения*: обеспечение устойчивости (стабильности) процесса, применение статистических методов контроля, оценка возможности функционирования процессов, решение технологических проблем, совершенствование (улучшение) процесса, анализ характера и последствий отказов в энергоснабжении;

- *управление персоналом*: создание команды управляющих, обеспечение всеобщего обучения качеству ответственных сотрудников, организация рабочих групп, применение методов и средств мотивации, анализ связующих звеньев ЭМ, применение теории интенсификации внедрения энергоменеджмента, повышение квалификации персонала;

- *управление ресурсами*: контроль программы расходов на энергопотребление, анализ структуры показателей предприятия для контроля расходов, оценка стоимостных показателей, ориентация на энергоэффективность и энергосбережение, более тщательное соблюдение требований экологической безопасности, работа по принципу «эффективный энергоменеджмент».

Улучшение ЭМ обеспечивается за счет корректного, грамотного руководства и эффективного воздействия на каждый элемент.

Критерии оптимизации ЭМ:

- *количество*: возможность потребления электроэнергии в количестве, строго определенном и достаточном для реализации производственной программы и формирования соответствующих комфортных эргономических условий для персонала;

- *качество*: отсутствие перерывов, надежное техническое решение для обеспечения поставки услуг и быстрое устранение проблем [4, с. 12];

- *цена (стоимость)*: влияние рыночных факторов (спрос и предложение) на уровень цен, а также наличие реальной возможности регулировать цену покупки товара (услуги) для потребителя рыночными средствами (заключение договоров на спотовом рынке, замена одного поставщика на другого, выбор тарифного меню и др.) [4, с. 12];

- *время*: потребление электроэнергии по временному графику, оптимальному с точки зрения критерия минимизации расходов;

- *транзакционные издержки*: отсутствие превышения релевантных транзакционных издержек над критическим уровнем издержек, установленным предприятием;

- *расходы на систему электроснабжения*: совместимость расходов на формирование организационного дизайна и на эксплуатацию этой системы с приемлемой цепочкой создания стоимости.

Предложим математическую модель оптимизации (целевую функцию) ЭМ с учетом обозначенных критериев оптимизации. Следует отметить, что выбор оптимального решения в процессе реализации ЭМ проводится с помо-



щью некоторой зависимой величины (функции), определяемой проектными параметрами. Эта величина называется целевой функцией, или критерием качества. В процессе решения задачи оптимизации должны быть найдены такие значения проектных параметров, при которых целевая функция имеет максимум (или минимум).

Исходя из изложенного выше можно сформировать целевую функцию и критерии оптимизации ЭМ:

$$Z = f(k_1 x_1, k_2 x_2, \dots, k_6 x_6),$$

где  $x_1 - x_6$  – показатели количества (объема), качества, цены (стоимости), времени, уровня транзакционных издержек, расходов на формирование оптимальной системы электроснабжения и на ее эксплуатацию соответственно;  $k_1 - k_6$  – коэффициенты весомости соответствующих показателей.

Максимум дифференцируемой функции многих переменных  $Z = f(k_1 x_1, k_2 x_2, \dots, k_6 x_6)$  можно найти, исследуя ее значения в критических точках, которые определяются из решения системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{\delta f}{\delta(k_1 x_1)} = 0, \frac{\delta f}{\delta(k_2 x_2)} = 0, \dots, \frac{\delta f}{\delta(k_6 x_6)} = 0$$

Для расчета коэффициентов весомости привлекают группу экспертов. В качестве экспертов привлекают нечетное количество (5, 7 или 9) специалистов в области электроэнергетики (главный энергетик, эксперты в области энергоаудита, энергомеханики, технические директоры и др.) с большим стажем. Общее мнение отличается большей точностью, чем индивидуальное мнение

отдельного специалиста. Данный метод применяют для получения количественных оценок качественных характеристик и свойств.

При экспертной оценке значимости показателей целесообразно использовать 10-балльную шкалу с интервалом варьирования 0,5, поскольку некоторые единичные показатели имеют разную размерность.

Коэффициент  $k_{i6}$  весомости рассчитывается по каждому показателю и эксперту и рассчитывается по формуле

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^N M_{ij}}{NB},$$

где  $i$  – индекс показателя,  $i = 1, \dots, 6(x_1 \dots x_6)$ ;  $j$  – индекс номера эксперта,  $j = 1, \dots, N$ ;  $M_{ij}$  – балльная оценка эксперта по показателю  $k_i$ ;  $N$  – общее количество экспертов;  $B$  – общее количество баллов.

Функция максимизации полезности экономического механизма

$$Z = f(k_1 x_1, k_2 x_2, \dots, k_6 x_6) \rightarrow \max.$$

Рассмотрим конкретные примеры, отражающие возможности оптимизации механизма по заданным критериям.

Пример 1. Сергиево-Посадский стеклотарный завод

Потребитель – завод стекольной промышленности (Сергиево-Посадский стеклотарный завод).

Годовое потребление – 60 млн кВт·ч, технологически завод присоединен к линиям Федеральной сетевой компании в Московской области. Годовой график электрической нагрузки по продолжительности (по средним месячным мощностям) ровный. В себестоимости продукции велики затраты на электроэнергию.

Применим описанную выше методику для анализа экономического аспекта энергоснабжения. Путем опроса экспертов выявлены удельные веса каждого показателя (табл. 1).

Ввиду специфики производства предприятия (непрерывный цикл производства, высокоточное оборудование, потребляющее энергию высокого качества, плавильные печи, работающие при наличии необходимой мощности) перебои в поставках электроэнергии влекут за собой остановку работ. В случае незавершенного производственного процесса стекло, находящееся на стадии плавления, застывает в печах и трубах, выводя их из строя. В случае поставок электроэнергии низкого качества приборы могут выйти из строя. Производство не может быть остановлено частично: возможен либо полный останов производственного процесса при условии предварительной подготовки, либо непрерывный 24-часовой производственный цикл. Производство энергоемкое, однако затраты на электроэнергию не являются ключевыми в себестоимости производимой стекольной продукции. Несомненно, вопрос снижения затрат важный, но стоит не на первом месте. Расходы на формирование организационного дизайна системы электроснабжения и ее эксплуатацию, определенные группой экспертов, хоть и являются критическими, однако являются необходимым условием получения 1-й (самой качественной) категории подключения энергоприемников (два независимых источника энергоснабжения). Очевидно, что затраты будут больше, чем при получении 3-й категории. Уровень транзакционных издержек (издержек поиска информации) окажется достаточно высоким, соответственно, количество персонала, обслуживающего энергетическую систему анализируемого предприятия, будет велико.

Таким образом, в результате исследования, выявляющего значение показателей для данного предприятия, определен вид функции:

$$Z = f(1, x_1, 1, x_2, 0, 6, x_3, 1, x_4, 0, 5, x_5, 0, 4, x_6) \rightarrow \max.$$

В данном случае максимальное значение – 45. Тех же экспертов мы опросили для выявления текущего состояния каждого показателя, чтобы определить состояние системы в данный момент (табл. 2).

Текущее значение функции, определенное путем проведения математических действий, со-

Таблица 1  
Удельные веса каждого из показателей ЭМ

Показатель $x_n$	Коэффициент весомости $K_n$
Количество (объем)	10
Качество	10
Цена (стоимость)	60
Время	10
Уровень транзакционных издержек	5*
Расходы на формирование организационного дизайна системы электроснабжения и на ее эксплуатацию	4*
Максимальное значение функции	45

\* 10 – минимальный уровень, 0 – максимальный уровень.

ставляет 41,6, что довольно близко к максимуму (более 90%).

Результат. Данная экспресс-оценка характеризует эффективную работу механизма энергоснабжения на данном предприятии. Для совершенствования ЭМ могут быть рекомендованы: снижение стоимости энергоресурсов (проведение конкурса с целью выбрать энергосбытовую организацию), снижение расходов на формирование организационного дизайна системы энергоснабжения путем применения энергоэффективных технологий. Однако необходимо уделить внимание следующему требованию – высокая категория надежности (1-я категория) требует значительных затрат на содержание всего комплекса оборудования, и зачастую снижение затрат может повлиять на надежность, что в целом недопустимо. Следовательно, одним из первоочередных мероприятий для данного предприятия является проведение конкурса на выбор сбытовой компании. Возможный объем годовой экономии – до 5 млн руб.

Пример 2. Оператор сотовой сети Tele2

Рассмотрим применение математической модели для оператора сотовой сети Tele2. Потребители электроэнергии Tele2 – коммутаторы, базовые станции, центры обработки данных.

Основной энергоресурс, используемый сотовым оператором, – электроэнергия. Системы охлаждения и подогрева, жизнеобеспечения объектов используют исключительно этот вид энергии. Путем опроса технического персонала Tele2 выявлены следующие удельные веса в разрезе каждого класса потребителей (табл. 4).

Каждый потребитель должен получать требуемый объем электроэнергии. Резервное питание предусмотрено лишь для центров обработки данных. Качество электроэнергии должно быть безусловно высоким, при строительстве объектов было уделено внимание повышению качества электроэнергии путем применения источников бесперебойного питания и выпрямителей. Цена является основной характеристикой, по которой оценивается успешность оптимизации. Время является важной характеристикой, смыслом которой является отсутствие перебоев с поставками электроэнергии по времени. Центры обработки данных оснащены ИБП и резервными дизель-генераторами, а в случае непродолжительного перебоа в поставке электроэнергии на базовую станцию сигнал может передавать соседняя станция, выступающая в качестве резервной. Транзакционные издержки следует минимизировать, но полностью сократить их невозможно, так как наличие необходимого количества обслуживающего персонала – залог качественной работы высокотехнологичного оборудования. Расходы на формирование организа-

ционного дизайна системы электроснабжения и на ее эксплуатацию также должны быть подвергнуты сокращению, однако не все виды работ поддаются автоматизации.

Текущее значение функции для каждого потребителя, определенное по результатам математических действий, довольно высокое – более 80% от максимума (табл. 5). Данная экспресс-оценка характеризует эффективную работу механизма энергоснабжения на предприятии Tele2.

Результат. Несмотря на то что все потребители являются участниками одного бизнес-процесса

**Таблица 2**  
*Текущее состояние каждого показателя ЭМ*

Показатель $x_n$	Текущий уровень*
Количество (объем)	10
Качество	10
Цена (стоимость)	5
Время	10
Уровень транзакционных издержек	10
Расходы на формирование организационного дизайна системы электроснабжения и на ее эксплуатацию	9
Максимальное значение функции	41,6

\*10 – наивысшее качество, 0 – наихудшее качество.

**Таблица 3**  
*Характеристики потребителей электроэнергии Tele2*

Характеристика	Базовая станция	Коммутатор	Центр обработки данных
Количество, шт.	11 000	40	4
Объем потребления электроэнергии, кВт-ч: годовой	43 800	438 000	20 000 000
Суммарный годовой по всем объектам	481 800 000	17 520 000	80 000 000

**Таблица 4**  
*Удельные веса каждого из показателей ЭМ*

Показатель $x_n$	Коэффициент весомости $K_n$		
	Базовая станция	Коммутатор	Центр обработки данных
Количество (объем)	10	10	7
Качество	7	9	9
Цена (стоимость)	10	10	10
Время	8	10	5
Уровень транзакционных издержек	8	8	8
Расходы на формирование организационного дизайна системы электроснабжения и на ее эксплуатацию	9	9	9
Максимальное значение функции	52	56	48



**Таблица 5**  
**Текущее состояние каждого показателя ЭМ**

Показатель хп	Коэффициент весомости Кп		
	Базовая станция	Коммутатор	Центр обработки данных
Количество (объем)	10	10	7
Качество	7	7	7
Цена (стоимость)	5	5	5
Время	6	10	5
Уровень транзакционных издержек	7	7	7
Расходы на формирование организационного дизайна системы электроснабжения и на ее эксплуатацию	8	8	8
Максимальное значение функции	43	47	39

(предоставление услуг сотовой связи), каждому из них можно дать только индивидуальные рекомендации.

**Базовая станция.** Снижение цены на электроэнергию возможно, если будут установлены счетчики с почасовым учетом электроэнергии и заключение прямых договоров с гарантирующими поставщиками. Не все базовые станции заключают договоры напрямую с поставщиками: зачастую деньги за электроэнергию перечисляются арендодателю. Установив современные счетчики, можно платить за электроэнергию по 4-й или 6-й ценовой категории. Для каждого потребителя экономия может достигать 20 коп. за 1 кВт-ч, или около 1 млн руб. за год, если одновременно инвестировать в модернизацию системы учета электроэнергии порядка 66 млн руб. (стоимость счетчика принята равной 4500 руб., монтажа – 1500 руб.).

**Коммутатор.** Объем годового потребления недостаточен для того, чтобы пользоваться услугами независимой сбытовой организации. Потребителям данной категории необходимо дождаться изменения правил функционирования оптового рынка. Сегодня счетчики с почасовым учетом

электроэнергии уже установлены, и оптимизировать отношения с гарантирующим поставщиком не представляется возможным.

**Центр обработки данных.** Как и Сергиево-Посадскому стеклотарному заводу, данному потребителю можно рекомендовать провести конкурс с целью выбрать другую энергосбытовую компанию. Возможный экономический эффект заключается в снижении сбытовой надбавки. Таким образом, годовая экономия составляет 8 млн руб.

### Заключение

Проведенный анализ функционирования существующего ЭМ позволяет сделать вывод, что его эффективное применение определяет возможности энергоменеджмента. Таким образом, ЭМ – это основа энергоменеджмента. Как показывают приведенные примеры, критерии и метод оптимизации механизма работоспособны и применимы для выработки управленческих решений в интересах энергоменеджмента. Необходимо обратить внимание на то, что сегодня энергоменеджмент охватывает не только технические аспекты. При его правильном использовании собственники бизнеса могут действительно экономить денежные средства. На сегодняшний день реформа электроэнергетики создала новые возможности для снижения затрат на энергоресурсы лишь для промышленных потребителей (с мощностью потребления свыше 20 МВА): теперь они могут приобретать электроэнергию непосредственно на оптовом рынке электроэнергии и мощности, а потому стали главным объектом внимания со стороны сбытовых компаний [4, с. 10]. С течением времени и в связи с изменением «правил игры» появятся новые возможности и для других потребителей (с мощностью потребления менее 20 МВА). Это дает основания подчеркнуть актуальность и ценность результатов применения ЭМ с финансовой точки зрения для собственников бизнеса.

### Список литературы:

1. О реформировании электроэнергетики Российской Федерации: Постановление Правительства РФ № 526 от 11.07.2001 //
2. Антропенко А.В. Повышение эффективности работы электросетевой компании за счет внедрения инноваций в систему управления процессами ремонта оборудования: на примере ОАО «МРСК Сибири»: Дис. канд. экон. наук. М., 2010. 122 с.
3. Сафиуллин Д.Х., Ахметова И.Г. Применение технологии бенчмаркинга для повышения конкурентоспособности энергокомпании // Энергетика Татарстана. 2012. №2. С. 69–74.
4. Трачук А.В. Эволюция механизма деятельности естественных монополий, или Зачем нужно реформировать монополии // Вестник Финансовой академии. 2010. №6. С. 5–13.
5. Boute A. Promoting Renewable Energy Through Capacity Markets: An Analysis Of The Russian Support Scheme // Energy Policy. 2012. №46. Р. 68–77.