

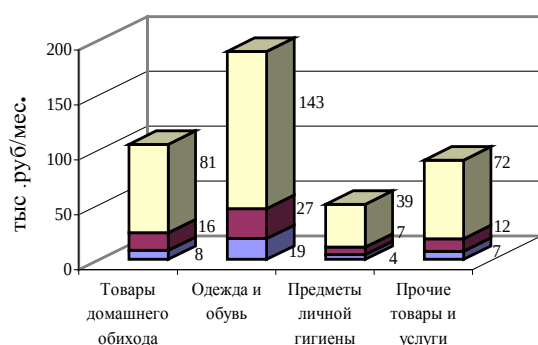


Рис. 2. Величина среднемесячных расходов населения на непродовольственные товары в зависимости от уровня доходов: □ – у населения с высоким уровнем доходов; ■ – то же со средним уровнем доходов; ■ – то же с низким уровнем доходов

ВЫВОД

Таким образом, производители должны улучшать эргономические и эстетические характеристики одежды, чтобы белорусская продукция смогла конкурировать с зарубежной.

При планировании выпуска необходимо учесть все группы потребителей, так как значительные суммы на непродовольственные товары расходуют сегменты с высоким и средним уровнями доходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылович, И. Конкурентоспособность отечественного производства снижается / И. Крылович // Белорусы и рынок. – 2005. – 31 окт. – С. 1.
2. www.news.tut.by.
3. Проблемы эффективности новой техники / Ф. А. Дронов [и др.]; под ред. Ф. А. Дронова. – Минск: Наука и техника, 1972. – С. 114.
4. Швандар, В. А. Эффективность повышения качества товаров народного потребления / В. А. Швандар // Стандарты и качество. – 1986. – № 11. – С. 24.
5. Бамбалов, С. Н. Экономические методы управления качеством продукции: дис. ... канд. экон. наук / С. Н. Бамбалов. – Минск: БНТУ, 1998. – С. 23.

Поступила 13.01.2006

УДК 338.45:621.31

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЗАГРУЗКИ ЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ НА БЕЛОРУССКОМ ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ*

Асп. ЗАБОРОВСКИЙ А. М.

Белорусский национальный технический университет

Проблемы выбора оптимальной структуры, архитектуры и дизайна оптового рынка электрической энергии для вертикально-дезинтегрированных энергосистем сегодня актуальны как на Западе (ЕС, страны Америки), так и на Востоке (СНГ, Китай, Япония) [1, 2]. Под вертикально дезинтегрированной энергосистемой понимается такой тип организации электроэнергетической отрасли, при котором институционально запрещено в рамках одной энергетической компании объединять энергопредприятия, принадлежащие различным фазам энергопроизводства (напомним, что в элек-

троэнергетике выделяют три технологические фазы производства: генерацию, передачу, распределение). Теоретические положения, обосновывающие выгоду дезинтеграции в электроэнергетике, появились на Западе в середине 70-х гг. XX в. и впоследствии стали теоретической базой реструктуризации энергетической отрасли во всем мире [1, 3]. На пути реструктуризации сегодня находятся энергосистемы всех соседних государств. Концепция реформ электроэнергетики страны также широко обсуждается. Однако среди ученых нет консенсуса по поводу оптимальной модели организации кон-

* Исследование выполнено благодаря поддержке INTAS (грант № 05-109-4912).

курентного энергетического рынка, а после череды серьезных энергетических кризисов вопрос о вреде разрушения традиционного вертикального построения отрасли еще больше актуализировался.

На наш взгляд, серьезным упущением при теоретическом обосновании моделей реструктуризации электроэнергетики и путей ее реформ является пренебрежение эволюционным методом анализа развития энергосистем, в рамках которого основное внимание необходимо уделить эволюции организационных структур энергокомпаний в процессе формирования существующей на момент анализа электроэнергетической отрасли. Так, в [4] отмечена принципиальная разница между энергосистемами, изначально сформированными централизованно и иерархически («сверху вниз»), где эффект масштаба практически исчерпан за счет сильных внутрисистемных электрических связей и централизованного управления режимом (советский вариант), и энергосистемами, развивающимися по принципу «снизу вверх», на базе самодостаточных энергокомпаний, монопольно обслуживающих сравнительно небольшую территорию и имеющих относительно слабые межсистемные связи (американский вариант). Для последних существует возможность получить значительную экономию за счет централизации управления режимом энергосистемы, а также реализации нагрузочного эффекта и эффекта взаимопомощи при развитии межсистемных электрических связей. В качестве организационной формы такой централизации в существующих институциональных условиях Западной Европы и Америки были предложены модели с оптовым рынком энергии, администраторами торгов (реализует принципы экономичности загрузки) и системы (реализует принципы надежности энергоснабжения). Загрузка станций осуществляется на основе предложенных ими ценовых заявок.

Построение модели и обсуждение результатов. В Белорусской энергосистеме осуществляется централизованное управление режимом, а в силу оптимизации ее развития в советский период эффект масштаба в значительной степени реализован. Вместе с тем ряд существующих экономических проблем отрасли тормозит ее развитие, препятствует повышению эконо-

мичности функционирования и в среднесрочном периоде может стать ограничителем экономического роста [5, 6]. Эти проблемы объясняют необходимость реформ, а эволюционный метод анализа определяет их направление: при сохранении преимуществ централизованного управления режимом создать стимулы для энергокомпаний снижать издержки генерации, передачи и распределения.

Рассмотрим экономический механизм загрузки энергоисточников в существующей в Беларуси вертикально интегрированной энергосистеме [7]. Пусть в электроэнергетической системе существует n тепловых электрических станций. Для каждой известна расходная энергетическая характеристика вида $B_i(P^i)$, выражающая зависимость расхода топлива от электрической нагрузки станции. При заданной суммарной нагрузке $\bar{P}$ решается следующая задача оптимизации:

$$C_{pet}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^n c_p^i B_i(P^i) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где c_p^i – стоимость единицы топлива i -й электростанции; C_{pet}^{Σ} – суммарный стоимостный расход топлива на электростанциях энергосистемы.

Основным ограничением задачи (1) является условие баланса мощности в системе

$$\sum_{i=1}^n P^i = \bar{P} + \pi, \quad (2)$$

где π – суммарные потери активной мощности.

Для нахождения условного экстремума составим функцию Лагранжа

$$\min_{P^1, \dots, P^n} L = \min_{P^1, \dots, P^n} \left\{ \sum_{i=1}^n c_p^i B_i(P^i) + \lambda \left[\sum_{i=1}^n P^i - \bar{P} - \pi \right] \right\}. \quad (3)$$

Считая, что требуемые условия второго порядка соблюдаются, условие минимизации стоимостного расхода топлива для неотрицательных нагрузок находим из системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P^i} &= c_p^i \frac{\partial B_i(P^i)}{\partial P^i} + \lambda \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P^i} \right) = 0, \forall i = \overline{1, n} \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= \sum_{i=1}^n P^i - \bar{P} - \pi = 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Введем следующие обозначения: $b_i(P^i) = \frac{\partial B_i(P^i)}{\partial P^i}$ – относительный прирост расхода топлива электростанций, который показывает, как изменится расход топлива i -й станции, если ее нагрузка изменится на единицу; $\sigma_i = \frac{\partial \pi}{\partial P^i}$ – относительный прирост потерь активной мощности в сетях, который показывает, насколько изменятся потери в сетях, если нагрузка i -й станции изменится на единицу.

С учетом принятых обозначений получим условие оптимального распределения нагрузки

$$\frac{c_p^1 b_1(P^{1*})}{1 - \sigma_1} = \frac{c_p^2 b_2(P^{2*})}{1 - \sigma_2} = \dots = \frac{c_p^n b_n(P^{n*})}{1 - \sigma_n}. \quad (5)$$

Условие оптимального распределения (5) означает, что для всех загруженных электростанций должно выполняться равенство относительных приростов стоимости топлива, скорректированных на потери в сетях, вызванные загрузкой соответствующей электростанции. Данный механизм служит теоретической основой централизованного управления режимом Белорусской энергосистемы и применяется еще с советских времен.

В составе вертикально интегрированных областных энергокомпаний (РУП облэнерго) электрические станции не имеют хозяйственной самостоятельности и, следовательно, не могут продавать выработанную энергию. Ценообразование в РУП облэнерго осуществляется по методу «издержки+», принцип которого укрупненно отражает выражение

$$T^e = \frac{1}{P} (1 + r) \left(C_{pet}^{\Sigma} + \sum_{i=1}^n C_{FC}^i + C_{HV}^{\Sigma} + C_D^{\Sigma} \right), \quad (6)$$

где T^e – средний отпускной тариф на электроэнергию; $\sum_{i=1}^n C_{FC}^i$ – суммарные условно-постоянные затраты всех электростанций энергосистемы; C_{HV}^{Σ} , C_D^{Σ} – затраты на передачу энергии по соответственно основной сети и распределительным сетям; r – регулируемая норма рентабельности РУП облэнерго.

Как видно из (6), происходит калькулирование затрат по всем объектам энергосистемы и

добавление заранее установленной (т. е. не зависящей от результатов хозяйственной деятельности энергопредприятий) прибыли. Таким образом, при существующем экономическом механизме оптимизируется лишь топливная составляющая тарифа, которая в современных условиях составляет лишь 50 % его величины. При заданной норме рентабельности по себестоимости предприятиям энергетики оказывается даже выгодно увеличивать неоптимизируемые статьи затрат:

$\sum_{i=1}^n C_{FC}^i$, C_{HV}^{Σ} и C_D^{Σ} . Механизм «издержки+» приводит к следующим

важнейшим проблемам: 1) при существующей вертикальной интеграции энергопредприятий сложно дать оценку экономической эффективности хозяйствования и инвестирования конкретного энергообъекта; 2) прибыль является счетной величиной, которая не отражает эффективность функционирования; 3) отсутствуют стимулы снижения неоптимизируемых в рамках (1) статьи затрат; 4) происходит первоочередная загрузка электростанций, имеющих лучшие энергетические характеристики оборудования, а не экономические показатели работы. Фактически при возникновении ситуации (рис. 1), когда на второй станции энергетические характеристики оборудования лучше, чем на первой, но из-за неэффективности хозяйствования средние издержки генерации энергии АС на объеме выпуска от 0 до ΔP на второй оказываются выше, чем на первой станции, использование метода (1) приведет к первоочередной загрузке второй станции. Это при прочих равных условиях для $\bar{P} \in (0, \Delta P)$ обозначает более высокий средний энерготариф в сравнении с загрузкой первого энергоисточника.

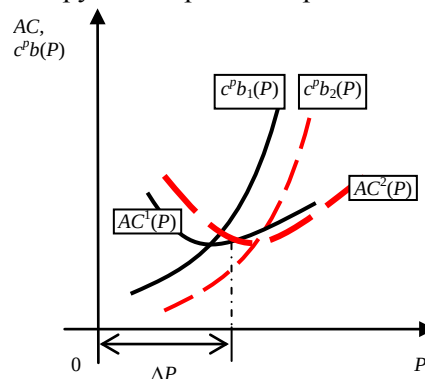


Рис. 1. Соотношение энергетических характеристик оборудования и экономических показателей работы энергогенерирующих источников

Вертикальная дезинтеграция монополистов и придание хозяйственной самостоятельности энергопредприятиям, принадлежащим различным фазам энергопроизводства, разделение счетов и переход на экономические принципы отношений между энергопредприятиями при сохранении централизованного управления режимом энергосистемы, но обязательном изменении экономического механизма загрузки энергоисточников, приведут к снижению среднего отпускного тарифа на энергию. Новый экономический механизм должен включить в оптимизацию не только переменную составляющую затрат энергогенерации, но и постоянные затраты. Внедрение его возможно лишь при создании оптового рынка электроэнергии. Основываясь на результатах собственных исследований и работах зарубежных авторов [2, 8, 9], мы признаем оптимальной для Беларуси модель монополического оптового рынка (single buyer model), при которой конкурируют электростанции за право продажи электроэнергии единственному закупщику. Эта модель предполагает хозяйственную самостоятельность энергогенерирующих предприятий.

В такой энергосистеме отпускной тариф на энергию будет формироваться на основе цен оптового рынка, передачи и распределения энергии по принципу

$$T^e = p^G + p^{HV} + p^D, \quad (7)$$

где p^G – цена электроэнергии на оптовом рынке; p^{HV} , p^D – цены на передачу энергии по соответственно основной сети и распределительным сетям.

В статье не будем касаться вопросов создания механизма стимулирования сетевой и распределительно-сбытовых компаний снижать цены p^{HV} и p^D . Отметим, что по данному вопросу идет научная дискуссия и предложены конструктивные решения [1, 10, 11]. Мы же рассмотрим экономический механизм оптимальной загрузки энергоисточников, который позволяет при создании оптового рынка и сохранении централизованного управления режимом энергосистемы (его при новой структуре энергетики будут осуществлять операторы рынка и системы) перейти к оптимизации об-

щих издержек генерации, а не только их топливной составляющей.

Пусть в электроэнергетической системе существует n энергетических компаний. Существует и удовлетворяет требуемым условиям дифференцируемости обратная функция предложения i -й энергокомпании $p_i(P^i)$. При заданной суммарной нагрузке $\bar{P}$ решается следующая задача оптимизации:

$$p^G = \sum_{i=1}^n \frac{p_i(P^i)P^i}{\bar{P}} \Rightarrow \min. \quad (8)$$

Основным ограничением задачи (8) является условие баланса мощности в системе

$$\sum_{i=1}^n P^i = \bar{P} + \pi. \quad (9)$$

Для нахождения условного экстремума составляется функция Лагранжа

$$\min_{P^1, \dots, P^n} L = \min_{P^1, \dots, P^n} \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{p_i(P^i)P^i}{\bar{P}} + \lambda \left[\sum_{i=1}^n P^i - \bar{P} - \pi \right] \right\}. \quad (10)$$

Считая, что требуемые условия второго порядка соблюдаются, условие минимизации цены на оптовом рынке для неотрицательных нагрузок находим из системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P^i} &= \frac{1}{\bar{P}} \left[\frac{\partial p_i(P^i)}{\partial P^i} P^i + p_i(P^i) \right] + \\ &+ \lambda \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P^i} \right) = 0, \forall i = \overline{1, n}; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= \sum_{i=1}^n P^i - \bar{P} - \pi = 0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Так как энергогенерирующая компания является обособленным (в смысле разделения счетов) хозяйственным субъектом, для нее имеют смысл такие показатели, как предельный доход MR , предельные издержки MC . Функция предельного дохода i -й генерирующей компании находится как

$$\begin{aligned} MR_i &= \frac{\partial TR_i}{\partial P^i} = \frac{\partial [p_i(P^i)P^i]}{\partial P^i} = \\ &= \frac{\partial p_i(P^i)}{\partial P^i} P^i + p_i(P^i), \end{aligned} \quad (12)$$

где TR_i – суммарный доход i -й генерирующей компании.

С учетом (12) решение системы (11) будет иметь вид

$$\frac{MR_1}{1-\sigma_1} = \frac{MR_2}{1-\sigma_2} = \dots = \frac{MR_n}{1-\sigma_n}. \quad (13)$$

В условиях монополистического рынка (т. е. рынка с единственным покупателем, которым является закупочное агентство – оператор рынка) будет соблюдаться

$$MR_i = MC_i^{SB}, \quad (14)$$

где MC_i^{SB} – предельные затраты оптового покупателя (SB – single buyer) на покупку электроэнергии у i -й генерирующей компании.

Значит, (13) эквивалентно

$$\frac{MC_1^{SB}}{1-\sigma_1} = \frac{MC_2^{SB}}{1-\sigma_2} = \dots = \frac{MC_n^{SB}}{1-\sigma_n}. \quad (15)$$

Таким образом, условие оптимальной загрузки энергоисточников (15) значит, что цена на оптовом рынке будет минимальной при равенстве предельных затрат на покупку энергии от всех энергогенерирующих компаний, которых загрузил оператор рынка, скорректированных на потери в сетях, вызванные загрузкой источников соответствующей энергокомпании.

Для каждой генерирующей энергокомпании суммарные издержки TC_i представимы в виде суммы условно-постоянных и условно-переменных:

$$TC_i = C_{FC}^i + C_{pet}^i = C_{FC}^i + c_p^i B_i(P^i). \quad (16)$$

Функция предельных издержек i -й генерирующей компании находится как

$$MC_i = \frac{\partial TC_i}{\partial P^i} = c_p^i \frac{\partial B_i(P^i)}{\partial P^i}. \quad (17)$$

С учетом (17) мы можем сказать, что существующее в настоящее время условие оптимального распределения нагрузки (5) требует равенства предельных издержек генерации энергии на каждой электростанции, скорректированных на потери в сетях, вызванные ее загрузкой. В отличие от существующего эконо-

мический механизм, предложенный нами для монополистического оптового рынка, требует равенства предельных затрат на покупку энергии от каждой генерирующей энергокомпании, скорректированных на потери в сетях, вызванные загрузкой ее энергоисточников.

В условиях вертикально интегрированных компаний не существует кривой предельного дохода для электрических станций, так как при отсутствии рыночных цен и разделенных счетов имеет смысл говорить о предельном доходе всего РУП облэнерго, а не его составных частей. В вертикально дезинтегрированной системе появляются энергогенерирующие компании, которые могут состоять из одной или нескольких электростанций.

Рассмотрим случай, когда имеет место стратегический сговор и каждая из энергетических компаний выставляет цены на оптовый рынок по принципу «издержки+». В этом случае обратная функция предложения электроэнергии каждой генерирующей энергокомпанией будет определяться по принципу

$$p_i(P^i) = (1+r_i) \frac{TC_i}{P^i} = (1+r_i) \left[\frac{C_{FC}^i + c_p^i B_i(P^i)}{P^i} \right], \quad (18)$$

где r_i – приемлемая норма рентабельности i -й генерирующей компании.

Тогда с учетом (12) предельный доход i -й генерирующей компании равен

$$MR_i = (1+r_i) c_p^i b_i(P^i) = (1+r_i) MC_i. \quad (19)$$

Предположив, что приемлемая норма рентабельности для всех компаний одинакова $r_i = \bar{r}$, получим, что метод (15) соответствует методу (5).

Следовательно, оптимумы загрузки энергоисточников в вертикально интегрированной и вертикально дезинтегрированной энергосистемах совпадают при стратегическом сговоре энергокомпаний.

ВЫВОДЫ

В условиях конкурентного оптового рынка и современных способов регулирования цен передачи и распределения энергии реальная цена на энергию для конечных потребителей

снизится. Цена на оптовом рынке будет минимальной при равенстве предельных затрат на покупку энергии от всех энергогенерирующих компаний, которых загрузил оператор рынка, скорректированных на потери в сетях, вызванные загрузкой источников соответствующей энергокомпаний. Доказано, что оптимумы загрузки энергоисточников в вертикально интегрированной и вертикально дезинтегрированной энергосистемах совпадают в условиях стратегического сговора энергокомпаний на рынке. Создание экономически самодостаточных генерирующих, сетевой и распределительно-сбытовых компаний приведет к повышению эффективности генерации и ликвидации механизма автокаталитического (самоподдерживающегося) роста издержек в отрасли. Реструктуризация энергетики в таком смысле представляет собой лишь замену менее эффективного метода минимизации тарифа более эффективным при заданном уровне надежности энергоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Hunt, S.** Competition and Choice in Electricity / S. Hunt, G. Shuttleworth // John Wiley & Sons. – Chichester, 1996. – 354 p.
2. **Stoft, S.** Power System Economics: Designing Markets for Electricity / S. Stoft // John Wiley & Sons. – N. Y., 2002. – 468 p.
3. **Green, R.** Electricity markets: challenges for economic

research. Research Symposium on European Electricity Markets. – Hague, 2003. – P. 5–14.

4. **Заборовский, А. М.** Особенности формирования рыночных отношений в электроэнергетике стран с трансформационной экономикой / А. М. Заборовский // Проблемы модернизации экономик Беларуси и России: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–25 марта 2005 г. – Минск: БГЭУ, 2005. – С. 205–207.

5. **Никитенко, П. Г.** Концептуальные основы реформирования Белорусской электроэнергетики / П. Г. Никитенко, Л. П. Падалко, А. М. Заборовский // Наука и инновации. – 2005. – № 6 (28). – С. 2–9.

6. **Падалко, Л. П.** Как добиться оптимального организационно-экономического построения электроэнергетики / Л. П. Падалко, А. М. Заборовский // Энергетика и ТЭК. – 2005. – № 8 (29). – С. 42–44.

7. **Окороков, В. Р.** Основы управления энергетическим производством / В. Р. Окороков [и др.]. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.

8. **Wolak, F.** Market Design and Price Behavior in Restructured Electricity Markets: An International Comparison / F. Wolak // Working Paper. Stanford University, 2002. – 103 p.

9. **Ch. von Hirschhausen.** Power Utility Re-Regulation in East European and CIS Transformation Countries (1990–1999): An Institutional Interpretation / Ch. von Hirschhausen, P. Opitz. – Berlin: DIW (German Inst. for Economic Research), 2001. – 24 p.

10. **Падалко, Л. П.** Дифференциация тарифов на электроэнергию по ступеням номинального напряжения / Л. П. Падалко, А. М. Заборовский // Энергетика и ТЭК. – 2005. – № 9 (30). – С. 15–18.

11. **Joskow, P.** Retail Electricity Competition / P. Joskow, J. Tirole // IDEI-CEPR conference on Competition and Coordination in the Electricity Industry, January 16–17, 2004. – UC Berkeley – P. 10–33.

Поступила 25.01.2006

УДК 658.7

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Асп. САЛУМ М. С.

Белорусский национальный технический университет

Применение логистических методов управления на всех уровнях хозяйствования вызывает интерес к мировому опыту обеспечения экономического подъема, решения проблем кризисных ситуаций, глобализации экономических проблем. Производственная логистика – обеспечение качественного, своевременного и ком-

плексного производства продукции в соответствии с хозяйственными договорами, сокращение производственного цикла и оптимизация затрат на производство. Главная задача производственной логистики – обеспечение производства продукции необходимого качества в установленные сроки и непрерывного движе-