

УДК 338.4:620.9

А.М. Монтицька
ВАТ “Західенерго”

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В АНАЛІЗІ ДЕРЕГУЛЬОВАНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ

© Монтицька А.М., 2003

На основі світового досвіду досліджено, чому і як сформовані енергетичні пули, аналізуються різні типи контрактів з і без доступу до методів спотового ринку. Для аналізу роботи енергетики у нових умовах ми використовуємо методи оптимізації та моделювання.

In this paper on the basis of world experience we discuss why and how power pools are formed, and analyse management of different types of pools with and without access to spot market instruments. The market of the electric power in Ukraine develops. Successful business in this new, more volatile market requires sophisticated techniques for identifying new market opportunities and managing the increased risks. For the analysis of work of a power engineering in new conditions we use simulation and optimisation techniques.

Ринок електроенергії в Україні зазнав значних змін у 1990-х роках. Регульована і монополістична в минулому електроенергетична промисловість була дерегульована, і за допомогою законодавчих актів був створений вільний ринок електроенергії. Правовою базою функціонування Українського оптового ринку електричної енергії став прийнятий 16 жовтня 1997 року Верховною Радою України Закон “Про електроенергетику”. Відповідно до цього закону оптовим ринком електроенергетики вважають об’єднання на договірних засадах компаній, які виробляють, передають і поставляють електроенергію, а також здійснюють диспетчерське управління об’єднаною енергосистемою. У вужчому розумінні – це створене в травні 2000 року державне підприємство «Енергоринок», яке є монополістичним покупцем і продавцем електроенергії і контролює фінансові потоки енергоринку. Закон визначає умови для конкуренції у виробництві та постачанні електроенергії із тим, щоб ринок електроенергії міг функціонувати ефективно. Закон також встановлює суворі правила діяльності енергетичної системи, що діє з позиції природної монополії.

Енергетична система формує ринок, де зустрічаються покупці і продавці. Указом Президента від 21 травня 1994 року № 244/94 було започатковане створення конкурентоспроможного ринку електроенергії, що складається з вертикально пов’язаних акціонерних компаній, незалежного регулювального органу (НКРЕ) і Енергоринку – державного підприємства для керівництва оптовим ринком електроенергії. За структурою новий енергоринок був аналогічний ринку, реалізованому на той час у Великобританії.

На початку липня 2001 року Верховна Рада України прийняла Закон "Про основи функціонування оптового ринку електроенергії України", що відміняв обов'язковий продаж електроенергії через оптовий ринок, а також скорочував роль держави у встановленні тарифів на електроенергію. Пізніше на цей закон було накладене вето Президента, і НКРЕ спільно з Міністерством палива та енергетики України, Антимонопольним комітетом України, Державним комітетом України з питань регуляторної політики і підприємництва

розробили нову редакцію Концепції проекту Закону України "Про основні засади функціонування оптового ринку електричної енергії України". 13 липня 2001 року НКРЕ направила проект Концепції до Кабінету Міністрів України. 16 серпня 2001 року проект Концепції було розглянуто і схвалено на спільному засіданні трьох урядових комітетів: з питань промислової політики, паливно-енергетичного комплексу та економічного розвитку. На підставі цієї Концепції НКРЕ разом з іншими зацікавленими міністерствами і відомствами повинні розробити законопроект про основи функціонування оптового ринку електроенергії України.

Враховуючи світовий досвід розвитку оптових ринків електричної енергії, норми Європейської енергетичної хартії та вимоги директив Європейського парламенту стосовно загальних правил на внутрішньому ринку електричної енергії, а також особливості функціонування об'єднаної енергетичної системи України, подальший розвиток системи відносин в оптовому ринку електричної енергії передбачає поступовий перехід від діючої системи через її подальшу лібералізацію до перспективної моделі конкурентного ринку, який включатиме:

- ринок прямих товарних поставок електроенергії, який функціонує на основі двосторонніх договорів купівлі-продажу електроенергії між виробниками електроенергії та постачальниками і споживачами (такі договори можуть укладатися як на біржі, так і на позабіржовому ринку);

- балансуєчий ринок електроенергії;
- ринок фінансових контрактів;
- ринок допоміжних послуг.

Перехід від поточної моделі ОПЕ до перспективної відбувається через поступове запровадження системи двосторонніх договорів на купівлю електричної енергії між кінцевим споживачем для власних потреб і виробником та між постачальником і виробником. Уся електроенергія, що не продана за прямими договорами, відповідно до Закону буде реалізована за допомогою Електроенергетичної асоціації. Асоціація як неприбуткове об'єднання всіх бажаючих учасників енергоринку не має права розпоряджатися грошима продавців і покупців електроенергії. Вона повинна буде тільки координувати дії тієї й іншої сторони, формувати баланс попиту – пропозиції і погоджувати його з диспетчерським центром. До речі, технічна і технологічна сфери функціонування галузі не зміняться, оскільки новий закон регулює тільки систему комерційних відносин на енергоринку. А енергосистема країни буде єдиною і керованою з боку держави. Більш того, закладена в законі схема припускає, що фінансові операції на енергоринку стануть прозорими і тому будуть піддаватися обліку і контролю з боку державних органів.

Автори закону передбачили на майбутнє ще одну форму купівлі-продажу електроенергії – спеціальні біржі, що будуть необхідні, коли функціонування галузі нарешті нормалізується. Біржа дасть змогу розширити форми оплати за електроенергію – будуть введені в обіг, зокрема, ф'ючерсні та форвардні контракти.

Скасування держконтролю поряд із складнішими технологіями обліку дає можливість для застосування різних типів контрактів. Різні види коаліцій або пулів можуть ефективніше використовувати різноманітні можливості й типи торгівлі, ніж окремі компанії. Пули можуть бути класифіковані відповідно до типу суб'єкта:

– **пули виробників** можуть централізовано оптимізувати роботу виробників і у такий спосіб уникати, наприклад, непотрібних пусків і зупинок. Це особливо корисно за наявності спотового ринку, тому що цінова координація не приводить до оптимального навантаження блоків;

– **пули споживачів** можуть мати користь з підвищення ефективності від зростання масштабів виробництва, відмінності кривих навантаження, посилення позиції на ринку і централізованого керування попитом;

– **пули дистриб'юторів** можуть фактично об'єднувати вигоди від пулів споживачів і виробників.

Суб'єкти на вільному ринку електроенергії стикаються з низкою проблем типу:

- підтримка конкурентоспроможності з огляду на довгострокові контракти;
- розуміння і використання нових типів контрактів і фінансових інструментів;
- управління надзвичайно непостійними і комплексними портфелями контрактів;
- управління збільшеними ризиками на мінливішому ринку.

Основним типом контрактів є відкритий довгостроковий багатотарифний контракт з границями потужності й окремими платами за потужність і енергію. Тривалість довгострокових контрактів – звичайно від одного до декількох років. Функція вартості $C(p)$ відкритих багатотарифних контрактів може бути оформлена як

$$C(p) = c_0 + \sum_{k=1}^K (c_k^{\max} p_k^{\max} + \sum_{t \in T} c_k^t p_k^t),$$

$$0 \leq p^t \leq \sum_{k=1}^K p_k^t, \quad \forall t \in T, \quad (1)$$

$$0 \leq p_k^t \leq p_k^{\max}, \quad k = 1, \dots, K, \quad \forall t \in T,$$

де $p = [p^t]$ – вектор електроенергії, що продається на погодинній основі через контракт;

T – кількість годин тривалості контракту;

p_k^t – розподіл p^t на тарифні компоненти;

c_0 – фіксована плата контракту;

c_k^{\max} – плата за потужність у компоненті тарифу k ;

c_k^t – погодинна плата за енергію.

Плата за енергію змінюється відповідно до декількох часових зон – день (ніч) і зима (літо). Продавець установлює плати, що можуть залежати від офіційних індексів (ціни на паливо, валютні курси тощо). Покупець може тоді вибирати енергетичні обмеження p_k^{\max} , основані на розрахунковому завантаженні, власній продуктивності та інших контрактах. Після укладення контракту плати й енергетичні обмеження не можуть за нормальних обставин змінюватися. Багатотарифні контракти можуть також містити обмеження на енергію (так звані енергетичні пакети) для тарифних компонентів, за допомогою чого маленька знижка дається для енергії E_k .

$$\sum_{t \in T} p_k^t \geq E_k, \quad (2)$$

Інший тип договору – фіксований або коректований двосторонній контракт із фіксованою контрактною ціною c_0 і погодинною енергетичною платою c_k^t , що звичайно змінюється відповідно до часових зон день (ніч). У фіксованому контракті максимальною

кількістю p_k^{max} торгують щогодини, в той час як у коректованому контракті покупець повинен зазначити куповану кількість між нулем і максимумом, принаймні, за одну годину перед постачанням. Двосторонні контракти – звичайно коротко- або середньострокові контракти з тривалістю звичайно від одного тижня до одного року. Ці контракти можуть також покривати непослідовні години, наприклад, тільки денні або нічні. Двосторонні контракти оформлені як

$$C(p) = c_0 + \sum_{t \in T} c^t p^t,$$

$$p^t = p^{max}, \forall t \in T, \text{ (фіксований контракт)} \quad (3)$$

або

$$0 \leq p^t \leq p^{max}, \forall t \in T, \text{ (коректований контракт)}$$

Продаж енергії через відкриті контракти відображається згодом у щомісячних балансових розрахунках відповідно до визначених правил, із використанням принципу ранжування. Фіксовані та коректовані компоненти, спотова торгівля й власна продукція спочатку відраховуються від погодинного попиту. Залишковий попит потім задовольняють, використовуючи відкриті тарифні компоненти в порядку збільшення ціни. Незалежно від розміру різниці, вона буде поставлена через відкритий контракт, але застосовуються істотні штрафи, якщо межі потужності перевищені.

Керування традиційним портфелем контрактів на купівлю-продаж електроенергії є досить прямим через невелику кількість різноманітних контрактів і типів контрактів. Оптимізація меж потужності традиційних контрактів, оснований на загальній моделі планування і прогнозуванні попиту, в економічному відношенні дорога, але, в принципі, в ній є необхідність. Традиційні контракти досить надійні як для продавця, так і для покупця (наприклад, дистриб'ютора). Плата за потужність забезпечує надійний прибуток та покриває фіксовані витрати продавця, незалежно від кількості фактично поставленої енергії. Тарифи на електроенергію покривають змінні витрати. Покупець, з іншого боку, знає заздалегідь, скільки коштує електроенергія, і може планувати, скільки енергії купувати протягом кожного періоду межах узгоджених обмежень на потужність. Навіть якщо ціна контракту завищена, дистриб'ютор може передавати початкові вартості кінцевим споживачам із подібною структурою контракту фіксованих і змінних витрат.

Управління контрактами є особливо важким, тому що портфель контрактів може містити різні типи контрактів поряд з іншими ринковими документами. Крім того, різноманітні типи контракту не обов'язково відповідають один одному. Зокрема, через більшу енергозалежність вільної торгівлі, оптимізація портфеля контрактів потребує аналітичних методів для підвищеного ризику і розуміння різних фінансових методів.

На конкурентному ринку структура контракту повинна відображати погодинні зміни ціни і попиту на електроенергію точніше ніж на монополізованому і регульованому ринку. Існують також такі типи контрактів, у яких немає звичайно ніякої плати за потужність. Тариф c_t змінюється, звичайно, від години до години, наприклад, відповідно до фактичної спотової ціни, граничних витрат виробництва або їх прогнозу. Крім того, обмеження потужності $p_{max}(t)$ може також бути підпорядковано погодинній зміні відповідно до, наприклад, роботи теплоелектроцентралей (ТЕЦ). Такі динамічно оцінені та підпорядковані обмеженням контракти можуть бути контрактами або з фіксованою, або з регульованою ціною і змодельовані як

$$C(p) = c_0 + \sum_{t \in T} c^t p^t,$$

$$p^t = p^{\max}(t), \forall t \in T, \text{ (фіксований контракт)}$$

або

$$0 \leq p^t \leq p^{\max}(t), \forall t \in T, \text{ (коректований контракт)}$$
(4)

Ці види динамічних контрактів чутливі до нестійкого ринку, і вони можуть містити значні ризики для покупця.

У новому ринковому середовищі ухвалення рішення не може більше бути цілком ґрунтоване на цінній оптимізації даних прямих контрактів і своєї продукції або, у довгостроковій перспективі, на оптимізації меж потужності для довгострокових контрактів. Нова проблема – важка в розв'язанні динамічна, комбінаторна багатокритеріальна задача в умовах непевності. На додаток до максимізації повного прибутку пул повинен також пробувати мінімізувати ризики. Щоб уникнути комбінаторного характеру проблеми, дії повинні практично бути ґрунтовані на опортуністичних стратегіях прийняття рішень. Аналіз ризику може бути ґрунтований на методах моделювання, що використовують різноманітні підходи. Страхування ризиків при застосуванні фінансових та інших доступних методів стають істотною частиною щоденного прийняття рішень. Тому нові інструменти і методи необхідні, щоб управляти фінансовим ринком поряд із управлінням фізичним попитом і пропозицією.

У середньо- і короткостроковій торгівлі, з огляду на певний сценарій, максимізація прибутку може бути ґрунтована на моделі динамічного планування, що максимізує очікувані прибутки пула тільки для одного або декількох нових торгових методів одночасно. У торгівлі на спотовому ринку ризики взагалі набагато менші, і проблема оптимізації в такий спосіб простіша. Зокрема, коли спотовий ринок використовується для внесення досить невеличких коригувань у погодинному попиті і пропозиції, пул може діяти як безризикова особа, що приймає рішення.

Ті самі методи планування й оптимізації можуть використовуватися для пула незалежних ринкових суб'єктів, якщо виконуються такі умови :

- прогнози доступні для усіх членів пула;
- члени пула повідомляють пулу про всі укладені контракти;
- членам пула не дозволено вести власну торгівлю одночасно з пулом.

Нова можлива ситуація на Енергоринку України створює потенційну потребу в пулах. Нова ринкова область, нові ринкові інструменти і великі портфелі контрактів будуть потребувати застосування нових методів для управління інформацією.

1. Крикавський Є., Косар Н., Мороз Л.А. *Маркетинг енергозабезпечення*. – Львів, 2001.
2. Шаттелес Т. *Современные эконометрические методы*. – М., 1975.