УДК 332.02: 330.4

А. О. Гаврикова,
асистент, асистент кафедри менеджменту,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ РОЗВИТКУ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

A. Gavrikova,
assistant, assistant of the Management Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

FORMING OF THE MONITORING INFORMATION SYSTEM FOR ELECTRIC POWER MARKET DEVELOPMENT IN UKRAINE

У статті акцентується важливість впровадження інформаційної системи моніторингу розвитку оптового ринку електроенергії, визначено її складові, основні принципи та завдання. Доведено необхідність розробки програмно-математичного забезпечення, яке дозволить вирішувати основні завдання ефективного функціонування ринку електроенергії в режимі реального часу, істотно скорочувати час прийняття оперативних, вигідних для всіх учасників ринку рішень щодо продажу та розподілу електроенергії в мережах, а також оптимізувати процес взаєморозрахунків. Представлений короткий огляд економіко-математичних моделей ринку електроенергії. Детально розглянуто модель олігополії LSFE і отримані результати, що дозволяють зробити ряд висновків про вплив параметра попиту на рівноважну ціну, прибуток генеруючих компаній, обсяги електроенергії, запропонованої на ринку електроенергії.

The article emphasizes the importance of implementation of information system of the monitoring development wholesale electricity market; determines its components, basic principles and objectives. The necessity to develop software and mathematical software that will allow to solve the basic problem of effective functioning of the electricity market in real time, significantly reduce operational, beneficial for all market participants decisions on sale and distribution of electricity in networks, and optimize the process of settling, is proved. A brief overview of economic and mathematical models of the electricity market is presented. LSFE oligopoly model is considered in detail and results are obtained that allow to make a number of conclusions about the impact of demand parameter on equilibrium price, profit generating companies, and the volume of electricity offered on the electricity market.

Ключові слова: ринок електричної енергії, інформаційна система моніторингу, програмно-математичного забезпечення, модель олігополії, функція сукупного попиту, рівноважна ціна електроенергії.
Key words: electricity market, information system of the monitoring, software and mathematical software, oligopoly model, the function of aggregate demand, the equilibrium price of electricity.

ВСТУП

Перетворення електроенергетичного ринку України передбачає формування нового інституційно-правового забезпечення, розробку організаційно-економічних механізмів ефективного та сталого функціонування оптового ринку електроенергії (далі ОРЕ), що поєднує державне регулювання з ринковим саморегулюванням. В іншому випадку перехід до нової моделі ОРЕ може привести до дисбалансу між економічною ефективністю і захистом громадських інтересів, тому що виробники та постачальники електроенергії не несуть ніяких соціальних зобов'язань.

Дослідження діяльності ОРЕ [1—3] дозволили виявити проблеми і недоліки, що пов'язані з недообліком наслідків від переходу до нової моделі ОРЕ. Наприклад, фактичні показники функціонування окремих ринків США, Німеччини, Норвегії, Швеції не підтверджують очікування щодо зниження цін на електроенергію при лібералізації ОРЕ [3]. Подібні помилки мають місце, у тому числі через неповноту і неоперативність інформації про стан і тенденції розвитку ринку електроенергії.

Проте вимагають подальшого впровадження та удосконалення інформаційної системи (ІС) моніторингу розвитку ОРЕ України, що зумовило актуальність дослідження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Організаційно-економічний механізм розвитку ОРЕ слід розглядати з точки зору сполучення економічних інтересів країни, усвідомлення дійсних потреб споживачів, забезпечення енергетичної безпеки країни, збалансованого розвитку підприємств енергетики та запобігання проблем розвитку. В рамках організаційного механізму з метою підвищення ефективності функціонування та розвитку нового ОРЕ необхідно, в першу чергу, удосконалити інституційно-правове забезпечення і упровадити ІС моніторингу ОРЕ.

Побудова ІС моніторингу розвитку ОРЕ визначає необхідність застосування системного підходу, якій припускає, що будь-яка система — це сукупність взаємопов'язаних елементів (об'єктів, явищ, процесів), що має вхід та вихід із системи, зв'язок із зовнішнім середовищем, зворотний зв'язок і володіє єдиними для всіх елементів властивостя-

ми: цілісності, автономності та стійкості. ІС моніторингу розвитку ОРЕ — це взаємопов'язана сукупність інформаційних, технічних, програмних, математичних, організаційних, правових, ергономічних, технологічних та інших засобів, а також організаційних структур, призначена для збору, обробки, зберігання, аналізу та обробки інформації. Вона повинна не тільки забезпечувати учасників ринку, регулюючі органи, потенційних інвесторів та громадськість повноцінною оперативною інформацією, але й включати в себе, в рамках інформаційних технологій, програмно-математичне забезпечення, що дозволяє здійснювати комплексну оцінку поточного стану і конкурентного середовища, прогнозувати параметри ринку від доби до декількох років, оптимізувати ціни й обсяги купівлі/продажу електроенергії, виявляти випадки використання ринкової сили, зниження ефективності функціонування оптового ринку, розробляти пропозиції щодо поліпшення Правил оптового ринку.

ІС моніторингу розвитку ОРЕ повинна з'єднувати в єдину систему основні складові, а саме: інформаційний банк даних, інформаційні технології, функціональні компоненти, організаційну структуру, що представляє собою взаємодію учасників ринку, а також регулюючих органів, громадських організацій (рис. 1).

ІС моніторингу повинна функціонувати в рамках чинної нормативно-правової бази, на принципах цілеспрямованості; системності, комплексності, незалежності, наукової обгрунтованості, балансу інтересів, безперервності спостереження; достовірності і повноти, економічності, адаптивності, відкритості та інформованості.

Важливо відзначити, що публічне надання інформації основними гравцями ринку і системним операторам підвищить прозорість ОРЕ, полегшує виявлення порушень правил ринку, підвищує незалежність регулюючих органів і дозволяє здійснювати нагляд за системним оператором ринку.

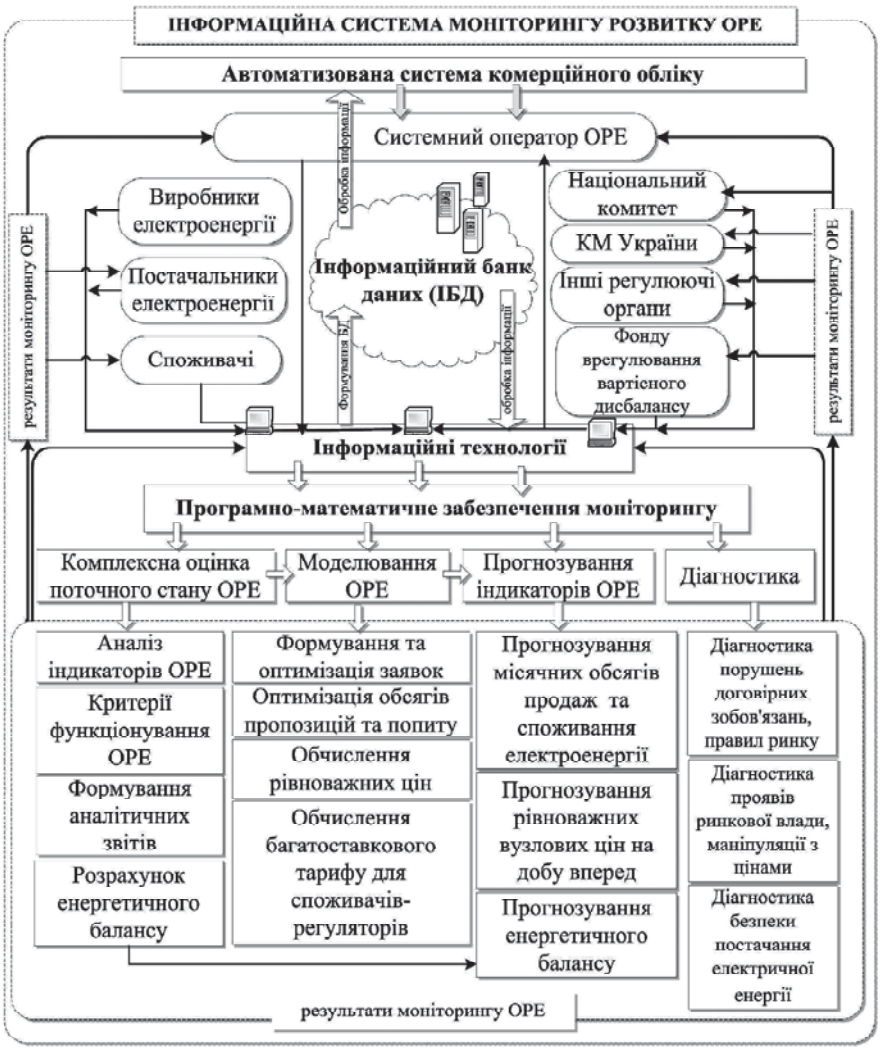

Рис. 1. Інформаційна система моніторингу розвитку ОРЕ

До основних завдань ІС моніторингу ОРЕ слід віднести:

— формування індикаторів і критеріїв конкурентного середовища, стану та розвитку ОРЕ;

— комплексна оцінка функціонування ОРЕ за певний період часу;

— оцінка діяльності системного оператора, оператора ринку, Фонду врегулювання вартісного дисбалансу, гарантованого покупця, а також роботи ринку двосторонніх договорів, ринку "на добу наперед", балансуючого ринку, ринку допоміжних послуг, здійснення розподілу пропускної спроможності міждержавних електричних мереж;

— ведення комерційного обліку взаєморозрахунків між учасниками ОРЕ;

— розробка економіко-математичних моделей та програмного забезпечення для оцінки взаємодії учасників ринку, оптимізації заявок і визначення оптимальних обсягів відпуску та продажу електроенергії на ОРЕ, рівноважних вузлових цін купівлі електроенергії, оцінки прибутковості ОРЕ та інвестиційної привабливості;

— розробка економіко-математичних моделей та програмного забезпечення для прогнозування основних індикаторів ОРЕ, в першу чергу рівноважних вузлових цін купівлі електроенергії на добу вперед, на місяць уперед тощо;

— діагностика порушень правил ринку, проявів ринкової влади, маніпуляції з цінами, порушень договірних зобов'язань, інших негативних явищ;

— діагностика безпеки постачання електричної енергії (аналіз балансу виробництва-споживання електричної енергії на ОРЕ; аналіз рівня очікуваного майбутнього попиту на електричну енергію та прогнозу потужність, яку має бути забезпечено за рахунок додаткових генеруючих потужностей; оцінку якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж; заходи щодо покриття максимального навантаження та вирішення проблеми дефіциту генеруючої потужності);

— розробка сценаріїв ефективного функціонування ОРЕ та підсумкових звітів.

У рамках ІС моніторингу на базі інформаційних технологій розробляється програмно-математичне забезпечення, яке дозволить вирішувати основні завдання ефективного функціонування ОРЕ в режимі реального часу, істотно скорочувати час прийняття оперативних, вигідних для всіх учасників ринку рішень щодо продажу та розподілу електроенергії в мережах, а також оптимізувати процес взаєморозрахунків. Математичне моделювання ринку електричної енергії України дозволяє визначити його рівноважний стан, при якому ціни на електричну енергію, обсяги продаж, передачі та споживання електроенергії встановлюються на такому рівні, при якому кожний з учасників ринку отримає максимальний прибуток. Аналіз наукових досліджень в області моделювання ринків електроенергії дозволив виділити основні класи моделей, які так чи інакше дозволяють розкрити механізми функціонування ОРЕ.

Новий ОРЕ повинен бути орієнтований на активного споживача-регулятора, та надавати споживачам можливість самостійного управління обсягом одержуваної електроенергії на підставі балансу своїх потреб і можливостей енергосистеми, з використанням розширеної інформації про тарифи. У цьому зв'язку доцільно розробити модель поведінки активного споживача з метою автоматизації управління попитом, оптимізації режимів роботи електрообладнання споживача при використанні многоставочних тарифів [4; 5]. Застосування механізмів тарифного регулювання, стимулювання зустрічних планів, противитратного механізму на всіх етапах взаємодії учасників ОРЕ підвищує ефективність функціонування енергосистеми в цілому і дозволяє вирішувати такі важ-

Таблиця 1. Основні параметри для розрахунку моделі

	a_k грн./мВт год.	c_k грн./(мВт год)^2
ГК 1	490	0,034
ГК 2	510	0,040
ГК 3	500	0,037
ГК 4	460	0,031
ГК 5	520	0,042

ливі завдання, як точне оперативне прогнозування споживання електроенергії, гармонізація пікових навантажень, управління попитом і розподіленої генерацією, співфінансування інвестицій у розвиток інфраструктури мереж [6].

Агентно-орієнтовані моделі дозволяють проводити аналіз впливу ринкової сили генерації на кон'юнктуру ОРЕ та здійснювати пошук найкращої поведінкової стратегії енергокомпаній на ринку "на добу наперед" у режимі реального часу. Наприклад, за допомогою системи AMES формується кілька сценаріїв, основаних на описі механізмів фінансового вилучення заявок з торговельної системи з аналізом наслідків від впливу ринкової сили [7, 8].

Моделі прогнозування основних параметрів ринку [9; 10] — це не менш важливий напрям економіко-математичного моделювання, оскільки від результатів прогнозу залежить ефективна робота ринку на день вперед і балансуючого ринку. Крім того, результати прогнозу розвитку ОРЕ важливі як для розробки стратегії ЄЕС України, так і для потенційних інвесторів.

Математичні моделі олігополії [11—13] є свого роду базисом при розробці досить складних моделей рівноважного стану недосконалого ОРЕ [14]. Баланс сукупного попиту на електричну енергію дозволяє розробити моделі олігополії, починаючи від простих випадків моделювання та закінчуючи розробкою моделей, що враховують всебічні зв'язки між учасниками ринку та сукупність великого числа факторів, що впливають на мінливість ОРЕ.

Як приклад, розглянемо модель олігополії LSFE (модель рівноваги функцій пропозиції). Припустимо, що ринкові умови визначаються лінійними функціями пропозицій для кожної k-тої генеруючої компанії (ГК):

$$v_k = \mu_k(P_f - b_k) \quad (1),$$

де v_k — обсяги електроенергії, пропоновані на ринку; P_f — ціна, формована ОРЕ в результаті взаємодії його учасників; $\mu_k > 0, b_k$ — константи, що вибираються компанією. Крім цього задана функція сукупного попиту:

$$DF = d - \gamma P_f, (\gamma > 0) \quad (2).$$

Граничні витрати визначимо у виді $\frac{\partial Z_к}{\partial v_k} = c_k v_k + a_k$ (3),

де $a_k \neq 0, c_k > 0$ — відомі параметри.

Безпосередній (залишковий) попит для k-тої компанії згідно (2) дорівнює

$$v_k = DF - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} v_j = d - \gamma P_f - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \mu_j(P_f + b_j) \quad (4).$$

Всі компанії надають свої заявки системному оператору (СО) одночасно. СО визначає рівноважну ціну і випуск для кожної компанії відповідно до умовою рівноваги

$$DF = U = \sum_{j=1}^{N} v_j \quad (5).$$

Якщо рівноважної ціни не існує, фірми нічого не отримують. Отже, компанії повинні вибирати обсяги пропозицій (тобто підбирати μ_k, b_k так, щоб виконувалася умова максимізації їхнього прибутку

$$G_k(\mu_k, b_k, P_f) = P_f v_k - Z_k \to max \text{ (k=1..N)}$$

Тоді умова максимізації прибутку виконується, якщо

$$\frac{\partial G_k}{\partial P_f} = v_k - P_f \frac{\partial v_k}{\partial P_f} - \frac{\partial Z_к}{\partial v_k} \cdot \frac{\partial v_k}{\partial P_f} = 0$$

Звідки, з урахуванням (1, 2—4), прямують два рівняння:

$$\mu_k = \left(\gamma + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \mu_j\right) \cdot (1 - c_k \mu_k) \quad (6).$$

$$-\mu_k b_k = \left(\gamma + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \mu_j\right) \cdot (-a_k + c_k \mu_k b_k) \quad (7).$$

Підстановка (6) в (7) призводить до умови рівноваги ринку $b_k = a_k$, тому що інакше μ_k буде залежати від P_f, тобто функція пропозиції не буде лінійною. Таким чином, функція пропозиції приймає вид:

$$v_k = \mu_k(P_f - a_k) \quad (8).$$

Введемо поняття індексу впливу k-тій компанії на стан ОРЕ, який визначається за формулою: $\lambda_k = \frac{\partial U}{\partial v_k}$ і характеризує зв'язок зміни обсягів електроенергії даної компанії на загальний обсяг ОРЕ. За умови рівноваги попиту та пропозиції з (2) випливає, що

$$v_k = (P_f - a_k) / \left(c_k + \frac{\lambda_k}{\gamma}\right) \quad (9).$$

Порівнюючи (8) і (9), маємо:

$$\mu_k = \frac{\gamma}{c_k \gamma + \lambda_k} \quad (10).$$

Підставивши (10) в (6), отримаємо індекси впливу компаній

$$\lambda_k = \frac{1}{\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \frac{1}{c_j \gamma + \lambda_j} + 1} \quad (11).$$

Таким чином, індекс впливу *k*-ої компанії залежить від індексів впливу інших компаній, представлених на ринку. Вирішуючи систему *N* нелінійних рівнянь, можна визначити значення індексів впливу в залежності від $c_к$.

Якщо позначити максимальний обсяг електроенергії, запропонований на ОРЕ через V_K, то функція пропозиції з урахуванням (9) має вид:

$$v_k = \begin{cases} 0, & \text{если } P_f < a_k \\ \frac{\gamma}{c_k \gamma + \lambda_k}(P_f - a_k), & \text{если } a_k < P_f < V_k \frac{c_k \gamma + \lambda_k}{\gamma} \\ V_K, & \text{если } P_f > V_k \frac{c_k \gamma + \lambda_k}{\gamma} + a_k \end{cases} \quad (12).$$

З умови рівноваги (5) та (9), отримаємо рівноважну ціну в даний момент часу:

$$P_f^{LSFE} = \frac{d + \gamma \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \frac{a_j}{c_j \gamma + \lambda_j}}{\gamma \left(1 + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq k}}^{N} \frac{1}{c_j \gamma + \lambda_j}\right)} \quad (13).$$

Запропонована модель реалізує стратегію, коли після надання заявки компанія враховує рівноважну ціну, попит і реакцію конкурентів на зміну ціни та обсягів пропозицій.

Таблиця 2. Порівняння основних результатів розрахунку з використанням трьох моделей ОРЕ

γ=20	Модель Вальраса			Модель LSFE			Модель Курно		
№	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн.	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн.
ГК1	723	6856	799	774	6538	1129	959	2775	1172
ГК2		5328	567		5365	840		2368	952
ГК3		6003	672		5916	972		2565	1057
ГК4		8488	1117		7737	1501		3248	1459
ГК5		4836	491		4966	742		2208	867
Разом		31511	3646		30522	5184		13164	5507
γ=60	Модель Вальраса			Модель LSFE			Курно		
	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн.	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн.	Ціна, грн.	Обсяг, мВт год	Прибуток, тис. грн.
ГК1	577	2549	110	587	2387	134	600	1710	139
ГК2		1667	56		1655	72		1176	79
ГК3		2072	79		1996	100		1429	106
ГК4		3763	220		3368	252		2448	251
ГК5		1349	38		1381	52		966	58
Разом		11400	503		10787	610		7729	633

Відзначимо, що при w_k=1 для всіх компаній з (13) отримуємо рівноважну ціну в даний момент часу по моделі Курно. У цьому випадку конкуренція обмежується обсягами пропозицій, компанії орієнтуються на попит і свої витрати. Більш складні взаємодії в розрахунок не приймаються. Якщо розрахунок заявки кожної компанії проводиться за граничним витратам, а загальна функція пропозиції визначатиметься через суму обсягів всіх виробників, то ми маємо модель Вальраса [4].

Як приклад використання моделі рівноваги функцій пропозиції, розглянемо п'ять генеруючих компаній (ГК) (табл. 1) та припустимо, що функція попиту має вигляд $DF = 46000 - \gamma P_f$, де γ =20, 30, 40, 50, 60.

Проведено розрахунок рівноважної ціни, обсягів електроенергії та прибутку генеруючих компаній. В табл. 2 надано порівняння результатів розрахунку з використанням трьох моделей ОРЕ.

Аналіз результатів показав:

1. При збільшенні параметра попиту γ в 3 рази обсяги електроенергії, запропоновані на ОРЕ зменшуються, причому чим менше витрати на виробництво (ГК 4), тим менше темпи зниження. Так, на рисунку 2 досліджуваний показник знизився в 2,3 рази для ГК 4 і в 3,6 рази для найбільш витратною компанії ГК 5. Загальний обсяг електроенергії, запропонований на ОРЕ, знизився на 180%.

2. При збільшенні параметра попиту γ в 3 рази має місце істотне зниження прибутку, причому для ГК 4 показник прибутку зменшився в 6 разів, а для найбільш витратною компанії ГК5 — в 14 разів (рис. 3). Темпи зниження загального прибутку склали 750%.

3. При збільшенні параметра попиту γ в 3 рази рівноважна ціна знизилася на 24%.

4. Розрахунок рівноважної ціни за граничними витратами (модель Вальраса) знижує цю ціну, збільшує обсяг електроенергії на ОРЕ, але знижує прибуток компаній.

5. ОРЕ досягає рівноваги на умовах конкуренції лінійних функцій пропозицій при великих обсягах і більш низьких цін, ніж на умовах конкуренції Курно. Це вигідно покупцям, незважаючи на те, що кожна компанія отримує менший прибуток.

6. Збільшення параметрів, що характеризують витрати однієї з компаній на 10% зменшує її прибуток в два рази, в той час як інші компанії збільшують свій прибуток на 8%.

Ефективність ОРЕ багато в чому залежить від обсягу інвестицій в електроенергетичну галузь. Тому інформація про потенційні інвестиційні можливості має бути максимально повною, оперативною та доступною. Необхідно, за допомогою використання результатів моніторингу ОРЕ, сформувати інформаційні паспорти та бюлетені щодо інвестиційної привабливості об'єктів електроенергетики. У той же час будь-який сигнал готовності уряду втрутитися у функціонування ОРЕ (наприклад, можливе встановлення верхніх цінових меж), може призвести до відтоку інвестицій з галузі

ВИСНОВОК

У рамках організаційно-економічного механізму реформування ОРЕ в Україні повинно починатися зі створення життєздатної нормативно-правової бази, формування інституційного забезпечення з чітким розмежуванням повноважень та взаємозв'язків між суб'єктами ринку і регулюючими органами. Найважливішою складовою організаційно-економічного механізму є ІС моніторингу розвитку ОРЕ, яка, може стати основним механізмом ефективного функціонування ринку та регламентації діяльності його суб'єктів. Основу ІС моніторингу ОРЕ складають: інформа-

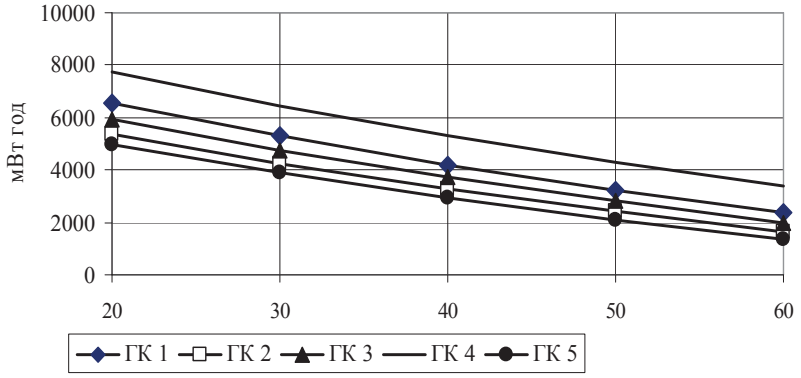

Рис. 2. Обсяги електроенергії, які запропоновані на ОРЕ, згідно з розрахунками за моделлю LSFE, мВт год

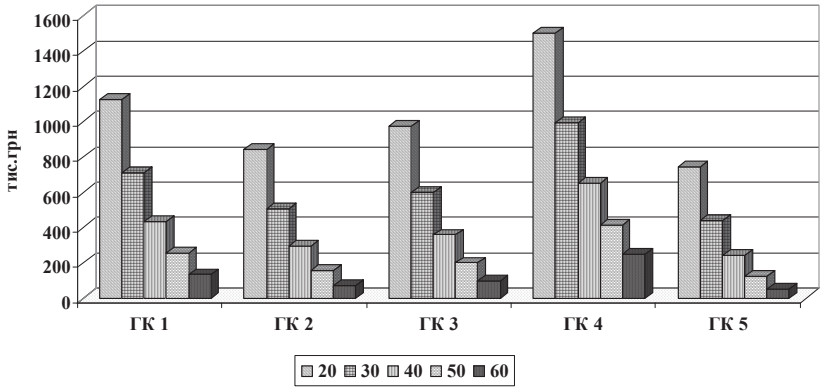

Рис. 3. Прибуток генеруючих компаній згідно з розрахунками за моделлю LSFE, тис. грн.

ційний банк даних, інформаційні технології, функціональні компоненти, організаційна структура, що представляє собою взаємодію суб'єктів ринку, регулюючих органів, громадських організацій тощо. Найважливішими елементами ІС є програмно-математичне забезпечення і автоматизована система комерційного обліку.

Завдяки відкритості інформації ІС моніторингу дає можливість розробити інвестиційні механізми, що забезпечить гарантоване акумулювання необхідних коштів у нових умовах роботи ОРЕ; розглянути питання залучення приватного капіталу шляхом створення механізмів державно-приватного партнерства, спільної власності тощо. У то же час необхідно в першу чергу враховувати інтереси суспільства, розробляти заходи щодо захисту населення у випадках необгрунтованого завищення тарифів та обмежень електроенергії, погіршення екологічної обстановки.

Література:

1. Оптовий ринок електричної енергії України: утворення, функціонування, розвиток / Заг. ред. З. Ю. Буцьо. — К.: ЦОІ "Енергобізнес", 2012. — 111 с.

2. Брич В. Реформування ринку електроенергії України в контексті її інтеграційних намірів / В. Брич, М. Федірко // Вісник ТНЕУ. — 2013. — № 1. — С. 7—18.

3. Беляев Л.С. Проблемы электроэнергетического рынка / Л.С. Беляев. — Новосибирск: Наука, 2009. — 296 с.

4. Волкова И.О. Активный потребитель: задача оптимизации потребления электроэнергии и собственной генерации / И.О. Волкова, М.В. Губко, Е.А. Сальникова // Проблемы управления. — 2013. — № 6. — С. 53—61.

5. Зайцева Ю.В. Оптимизационные модели многоставочных тарифов на электроэнергию / Ю.В. Зайцева // Управление большими системами. — 2008. — Вып. 20. — С. 33—45.

6. Бурков В.Н. Организационные механизмы управления в электроэнергетике / В.Н. Бурков, М.В. Губко, Д.А. Новиков // Управление развитием крупномасштабных систем. — 2012. — С. 261—278.

7. Хомутов О.И. Моделирование оптового рынка электроэнергии на основе агентно-ориентированных моделей / О.И. Хомутов, А.Н. Попов, О.А. Штраухман, О.Л. Никитина // Ползуновский вестник. — 2011. — № 2. — С. 14—19.

8. Лисин Е.М. Современные подходы к разработке моделей рынков электроэнергии и исследованию влияния рыночной силы на конъюнктуру энергорынка / Е.М. Лисин, В. Стриелковски, А.Н. Григорьева, Ю.А. Анисимова // Вектор науки ТГУ. — 2013. — № 1 (23). — С. 172—178.

9. Шараєвський Ф.Ю. Модель і процедури короткострокового прогнозування електроспоживання в оптовому ринку електричної енергії України / Ф.Ю. Шараєвський // Проблеми загальної енергетики. — 2007. — № 15. — С. 36-40.

10. Мартынюк А.В. Повышение точности моделирования трендовой и сезонной составляющих при среднесрочном прогнозировании потребляемой электроэнергии энергообъединения // А.В. Мартынюк, П.А. Черненко // Проблеми загальної енергетики. — 2012. — № 28. — С. 35—41.

11. Модели рынков несовершенной конкуренции: приложения в энергетике / Под ред. В.И. Зоркальцева, Н.И. Айзенберг. — Иркутск: ИСЭМ СО РАН. — 2015. — 286 с.

12. Васин А.А. Анализ краткосрочной эффективности механизмов оптового рынка электроэнергии / А.А. Васин, Е.А. Дайлова // Журнал Новой экономической ассоциации. — 2013. — № 2. — С. 35—60.

13. Equilibrium and non-equilibrium models of the power markets / R. Shahrjerdi, M.K. Anuar, F. Mustapha, N. Ismail1 and M. Esmae // African Journal of Business Management. — 2012. — Vol. 6 (4), pp. 1614—1625.

14. Поковальников С.В. Развитие генерирующих мощностей в условиях олигопольного электроэнергетического рынка / С.В. Подковальников, О.В. Хамисов // Электронное моделирование. — 2011. — Т. 33. — № 4. — С. 83—98.

References:

1. Buts'o, Z.Yu. (2012), Optovyj rynok elektrychnoi enerhii Ukrainy: utvorennia, funktsionuvannia, rozvytok [Wholesale Electricity Market of Ukraine: formation, functioning, development], TsOI "Enerhobiznes", Kyiv, Ukraine.

2. Brych, V. and Fedirko, M. (2013), "The reform of the electricity market of Ukraine in the context of its integration intentions", Visnyk TNEU, vol. 1, pp. 7—18.

3. Beliaev, L.S. (2009), Problemy elektroenerhetycheskoho rynka [Problems of the electricity market], Nauka, Novosibirsk, Russia.

4. Volkova, I.O. Gubko, M.V. and Sal'nikova, E.A. (2013), "Active consumers: the task of optimizing electricity consumption and own generation", Problemy upravlenija, vol. 6, pp. 53—61.

5. Zajceva, Ju.V. (2008), "Optimization models of flat-rate tariff for electricity", Upravlenie bol'shimi sistemami, vol. 20, pp. 33—45.

6. Burkov, V.N. Gubko, M.V. and Novikov, D.A. (2012), "Institutional arrangements in the power management", Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh system, vol. 1, pp. 261—278.

7. Homutov, O.I. Popov, A.N. Shtrauhman, O.A. and Nikitina, O.L. (2011), "Simulation of the wholesale electricity market, based on the agent-based models", Polzunovskij vestnik, vol. 2, pp. 14—19.

8. Lisin, E.M. Strielkovski, V. Grigor'eva, A.N. and Anisimova, Ju.A. (2013), "Modern approaches to the modeling of electricity markets and the study of the influence of market forces on the situation on the energy market", Vektor nauki TGU, vol. 1 (23), pp. 172—178.

9. Sharaievs'kyj, F.Yu. (2007), "Model and procedures for short-term forecasting of power consumption in the wholesale electricity market", Problemy zahal'noi enerhetyky, vol. 15, pp. 36—40.

10. Martyniuk, A.V. and Chernenko, P.A. (2012), "Improving the accuracy of modeling trend and seasonal components in the medium-term forecasting of electricity consumed power interconnection", Problemi zagal'noї energetiki, vol. 28, pp. 35—41.

11. Zorkal'ceva, V.I. and Ajzenberg, N.I. (2015), Modeli rynkov nesovershennoj konkurencii: prilozhenija v jenergetike [Models of imperfect markets: applications in the energy sector], ISJeM SO RAN, Irkutsk, Russia.

12. Vasin, A.A. and Dajlova, E.A. (2013), "Analysis of the short-term effectiveness of the wholesale electricity market", Zhurnal Novoj jekonomicheskoj associacii, vol. 2, pp. 35—60.

13. Shahrjerdi, R. Anuar, M. Mustapha, F. Ismail, N. and Esmae, M. (2012), "Equilibrium and non-equilibrium models of the power markets", African Journal of Business Management, vol.6 (4), pp. 1614—1625.

14. Podkoval'nikov, S.V. and Hamisov, O.V. (2011), "Development of generating capacity in the conditions of oligopolistic electricity market", Jelektronnoe modelirovanie, vol. 33 (4), pp. 83—98.

Стаття надійшла до редакції 08.11.2015 р.