

СКЛАДОВІ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНКОВУ ВАРТІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІГ.А. Іванов¹, І.В. Блінов^{2*}, докт. техн. наук, Є.В. Парус^{2**}, канд. техн. наук, В.О. Мірошник^{2***}¹ ДП «Гарантований покупець»,

вул. С. Петлюри, 56, Київ, 03680, Україна,

e-mail: gennadiy_i@icloud.com² Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна.

E-mail: blinovigor81@gmail.com;paruseugene@gmail.com;miroshnyk.volodymyr@gmail.com

Розглянуто організаційні засади та функції балансувальної групи Гарантованого покупця як основного механізму реалізації державної програми підтримки розвитку виробників з відновлюваними джерелами енергії. Проаналізовано основні переваги та недоліки таких об'єктів в частині їхнього впливу на процеси ціноутворення в організованих сегментах ринку електроенергії України. Визначено загальні підходи вирішення проблем, що виникають в умовах підвищення частки виробництва електроенергії з відновлюваних джерел в Україні. Запропоновано підходи до побудови засобів аналізу факторів впливу обсягів відпущеної станціями з відновлюваними джерелами виробництва електроенергії на процеси ціноутворення в організованих сегментах ринку електроенергії України. Бібл. 4, рис. 1.

Ключові слова: гарантований покупець, відновлювані джерела енергії, ринок електричної енергії, порівняльний аналіз, імітаційне моделювання.

Вступ. На виконання Закону «Про ринок електричної енергії» [1] в Україні з 01 липня 2019 року функціонує новий ринок електричної енергії. Визначена Законом ринкова модель відповідає загальноприйнятій європейській моделі та вимогам третього енергетичного пакету. У цьому випадку в національних ринках електроенергії європейських країн практикують додаткове використання різних механізмів стимулювання або підтримки учасників ринку в межах реалізації окремих загальнодержавних програм. Так, у 2009 році Україна взяла на себе гарантовані законодавчо зобов'язання до 2030 року купувати за «зеленим» тарифом всю електроенергію [2], відпущену станціями з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). До основних складових цих зобов'язань відносяться: купівля відпущеної ВДЕ електроенергії за фіксованим «зеленим» тарифом; купівля електричної енергії єдиним державним підприємством; стовідсоткові та своєчасні розрахунки за викуплену електроенергію. Таким чином, у нову ринкову модель закладено функції принципово нового учасника ринку електроенергії – Гарантованого покупця (ГП). Цей учасник має купувати за «зеленим» тарифом всю електроенергію з ВДЕ у повному обсязі та реалізовувати передбачені Законом механізми компенсації такого тарифу.

З огляду на це, а також на стрімке зростання частки ВДЕ в загальному балансі ОЕС України актуальною задачею, що сьогодні потребує розв'язання, є побудова моделей та засобів оцінки впливу ВДЕ на ринкову вартість електроенергії в Україні з урахуванням вимог чинного законодавства, технологічних обмежень функціонування ВДЕ та процесів на ринку електричної енергії.

Метою статті є огляд основних функцій Гарантованого покупця, переваг та проблем розвитку ВДЕ в частині їхнього впливу на процеси ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України та визначення складових комплексної моделі задля аналізу впливу ВДЕ на ринкову вартість електроенергії.

Функції гарантованого покупця. Модель функціонування ГП та закладені в неї функції можна розглядати як адаптацію відповідної італійської моделі стимулювання «зеленої» енергетики до умов українського законодавства та особливостей українських енергосистем. До основних функцій ГП віднесено: продаж в сегменті ринку «на добу наперед» (РДН) та внутрішньодобовому ринку (ВДР) викупленої у станцій з ВДЕ електроенергії, а також перепродаж у цих ринкових сегментах електроенергії, викупленої на спеціалізованих аукціонах, з метою компенсації різниці між ринковою вартістю електроенергії та «зеленими» тарифами. Крім того, до функцій ГП віднесено врегулювання створюваних ВДЕ небалансів та врахування їхньої вартості у розрахунках з виробниками ВДЕ. Ця функція ГП фактично реалізує передбачені Законом функції балансувальної групи.

© Іванов Г.А., Блінов І.В., Парус Є.В., Мірошник В.О., 2020

ORCID ID: *<https://orcid.org/0000-0001-8010-5301>; **<https://orcid.org/0000-0001-9087-3902>;

***<https://orcid.org/0000-0001-9036-7268>

Балансуюча група гарантованого покупця. Сучасна модель ринку передбачає обов'язковість функціонування сегменту балансуючого ринку (БР), де узгоджуються небаланси, що виникли між заявленими та фактичними обсягами виробництва/споживання електроенергії у формі купівлі/продажу відповідних обсягів небалансів. Таким чином, ГП бере участь у сесіях БР як сторона, відповідальна за баланс для виробників з ВДЕ. Сумарний небаланс ВДЕ розраховується як сальдоване значення всіх фактичних відхилень від прогнозного графіку кожного виробника ВДЕ, що входить до цієї балансуючої групи. Учасники балансуючої групи, у свою чергу, мають компенсувати ГП витрати на врегулювання небалансів.

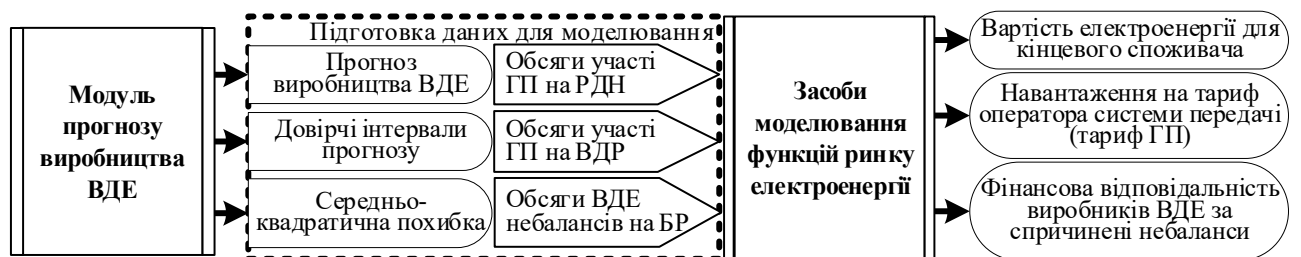
Наразі виробники з ВДЕ не несуть відповідальності за створювані ними небаланси, оскільки Законом визначено перехідний період на поступове впровадження такої відповідальності. Так для станцій з ВДЕ, введених у дію до 11.06.2017 р., відповідальність за небаланси вводиться після 2030 року. Інші виробники починають компенсувати свої небаланси з 2021 року з перехідним періодом до 2030 року. У цей період частка небалансів, що підлягає компенсації, щорічно збільшується на 10% від загального обсягу небалансу. Передбачено також граничні обсяги допустимих відхилень від заявленого графіку, які враховують принципову можливість прогнозу обсягів відпуску електроенергії для ВДЕ різних типів. Так, до 31 грудня 2029 року компенсація вартості небалансів здійснювалася за умови похибки прогнозу для ВЕС більше 20%, СЕС – більше 10% та малих ГЕС – більше 5%. За умови досягнення виробниками з ВДЕ частки 5% і більше у річному балансі виробництва електричної енергії значення допустимих відхилень знижуються до 10% для ВЕС та 5% – для СЕС. Згідно діючого порядку, обсяг відшкодування виробником за «зеленим» тарифом ГП частки вартості врегулювання небалансу у розрахунковий період розраховується пропорційним розподілом витрат на покриття небалансів між учасниками балансуючої групи ГП. У цьому випадку відшкодуванню вартості небалансів підлягають лише відхилення від прогнозу, які збігаються за знаком із загальним відхиленням всієї балансуючої групи. В той же час відповідальність за небаланс інших учасників ринку розраховується для кожного учасника ринку окремо.

Виконані дослідження показали, що для ОЕС України характерна нерівномірність розподілу встановленої потужності ВДЕ, зокрема більше 1500 МВт встановленої потужності (29% від загальної встановленої потужності) припадає на 20 станцій (3,6% від загальної кількості електростанцій). За таких умов у великих виробників з ВДЕ з'являється стимул та можливість до маніпулювання значеннями прогнозованого відпуску електроенергії, що призводитиме до спотворення механізмів розподілу відповідальності за неточне прогнозування та ускладнюватиме розвиток такої генерації. Тому діючі механізми розподілу відповідальності за небаланси між учасниками ринку електроенергії України потребують удосконалення з метою усунення цього та інших недоліків, що посилює актуальність проблеми оцінки комплексного впливу на ринкову вартість електроенергії окремих типів ВДЕ та окремих виробників «зеленої» електроенергії.

Переваги та проблеми розвитку ВДЕ в частині їхнього впливу на процеси ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України. До основних позитивних наслідків активного впровадження ВДЕ в електроенергетиці України, вочевидь, відноситься зменшення потреби у викопних ресурсах під час виробництва електроенергії, що призводить до зниження викидів CO₂, зокрема на ТЕС. В частині впливу на ринок електроенергії слід виділити те, що обов'язкові до викупу в сегменті РДН обсяги пропозиції від ВДЕ зміщують пропозицію інших виробників, стимулюючи помітне зменшення маржинальних цін на РДН, які є важливою складовою у загальній вартості електроенергії для кінцевих споживачів. Проте, разом із позитивними результатами, збільшення частки ВДЕ у структурі виробничих потужностей обумовило появу і ряду негативних тенденцій, пов'язаних, передусім, з нерегульованими, різко змінними графіками відпуску електроенергії станціями з ВДЕ в умовах незадовільної якості прогнозування таких графіків, а саме: збільшення потреби в резервах на балансування режимів ОЕС України призводить як до скорочення пропозиції і підвищення цін в організованих сегментах ринку, так і до збільшення тарифу оператора системи передачі; внесені ВДЕ додаткові небаланси спричиняють збільшення обсягів балансування режимів ОЕС України та цін на БР, що призводить до збільшення як ціни небалансів, так і їхньої загальної вартості. Збільшення обсягів резервів на регулювання режимів ОЕС України призводить також до необхідності заміщення відносно дешевих потужностей АЕС маневреними вугільними енергоагрегатами, що спричиняє подальше збільшення вартості електроенергії та збільшення викидів CO₂. Збільшення частки ВДЕ у структурі виробничих потужностей ОЕС України передусім посилює проблеми регулювання режимів. У той же час, вплив пропозиції електроенергії від виробників з ВДЕ

на процесі ціноутворення в сегментах ринку електроенергії має складний неоднозначний характер. Тому для прийняття рішень щодо подальшого розвитку ВДЕ необхідно виконувати дослідження причинно-наслідкових зв'язків такого впливу. Вирішення проблем, пов'язаних з розвитком ВДЕ, потребує розв'язання ряду організаційних, технологічних та наукових задач. Мова іде, зокрема, про впровадження аукціонів щодо встановлення нових потужностей ВДЕ та запровадження фінансової відповідальності за створені небаланси, впровадження в ОЕС України високоманеврових генераторів з низьким рівнем викидів вуглецю, а також систем накопичення електричної енергії для потреб регулювання режимів [3]. До нагальних науково-практичних задач відносяться: розробка методів та засобів для поліпшення якості прогнозу обсягів відпуску електроенергії станціями з ВДЕ [4], а також розробка методів та засобів аналізу складових впливу збільшеної частки ВДЕ у структурі виробництва електроенергії на процесі ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України.

Складові моделі для аналізу впливу ВДЕ на ринкову вартість електроенергії. Дослідження складових впливу підвищеної частки ВДЕ у структурі виробничих потужностей на ринкову вартість електроенергії в Україні пропонується здійснювати шляхом порівняльного аналізу результатів функціонування ринку електроенергії України за різних обсягів відпуску електроенергії ВДЕ. Відповідно, для аналізу окремих варіантів такого впливу необхідні засоби прогнозування відпуску електроенергії з ВДЕ та засоби імітації процесів ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України (див. рис.), враховуючи, що для участі в організованих сегментах ринку гарантованому покупцю необхідні прогнози погодинного сумарного відпуску ВДЕ з упередженням від 1 до 48 год [4].



Модуль прогнозу виробництва електроенергії ВДЕ здійснює моделювання таких даних: агрегований погодинний графік на добу наперед виробництва електроенергії електростанціями з ВДЕ; довірчі інтервали прогнозу агрегованого графіка виробництва електроенергії електростанціями з ВДЕ; середньоквадратична похибка прогнозу. Агрегований погодинний графік на добу наперед виробництва електроенергії електростанціями з ВДЕ використовується для визначення обсягів продажу електроенергії ГП у сегменті РДН. Значення довірчих інтервалів прогнозу дають змогу розрахувати обсяги купівлі/продажу електроенергії ГП у сегменті ВДР. Значення середньоквадратичної похибки використовуються задля розрахунку обсягів небалансів, що виникли внаслідок неточності прогнозування виробництва ВДЕ. У свою чергу, обсяги небалансів використовуються для моделювання процедур врегулювання небалансів у сегменті БР та розрахунку вартості таких небалансів. Розраховані дані використовуються для моделювання поведінки ГП в модулях імітаційного моделювання процесів ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України. За результатами такого моделювання визначаються наступні основні показники: вартість електроенергії для кінцевого споживача як основний критерій порівняльного аналізу варіантів впливу електростанцій ВДЕ на ринкову вартість електроенергії; обсяги платежів ГП електростанціям з ВДЕ; обсяги відшкодувань електростанціями з ВДЕ похибки у прогнозуванні виробництва електроенергії понад нормативних значень. Наведені показники є найбільш індикативними щодо порівняння різних варіантів впливу на ринок електроенергії як електростанцій з ВДЕ в цілому, так і для окремих об'єктів з ВДЕ.

Висновки. Аналіз нормативно-правової бази України та ЄС в частині організації роботи ринків електроенергії показав, що, в цілому, механізм ГП реалізує державні зобов'язання перед інвесторами «зеленої» енергетики та ефективно виконує роль сторони, відповідальної за небаланси, виробників з ВДЕ. За результатами аналізу складових впливу пропозиції ВДЕ на процеси ціноутворення відзначено складний та неоднозначний характер такого впливу. Серед переліку способів вирішення пов'язаних зі збільшенням частки ВДЕ проблем відокремлено необхідність аналізу складових впливу пропозиції від станцій з ВДЕ на ринкову вартість електроенергії та визначено основні складові засобів імітації процесів ціноутворення в сегментах ринку електроенергії України, практична реалізація яких дають змогу створити ефективний інструментарій задля підготовки обґрунтованих управлінських рішень щодо вирішення пов'язаних з розвитком ВДЕ проблем.

Роботу виконано за рахунок коштів бюджетної програми «Науково-технічні та економіко-екологічні засади низько вуглецевого розвитку України» (КПКВК 65411030).

1. Про ринок електричної енергії. Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> (дата звернення: 29.04.2019).
2. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20.02.2003. № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>. (дата звернення: 29.04.2019).
3. Буткевич О.Ф., Юнєєва Н.Т., Гурєєва Т.М. До питання про розміщення накопичувачів енергії в ОЕС України. *Технічна електродинаміка*. 2019. № 6. С. 59-64. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2019.06.059>
4. Блінов І.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Короткостроковий інтервальний прогноз сумарного відпуску електроенергії виробниками з відновлювальних джерел енергії. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2019. Вип. 54. С. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005>

СОСТАВЛЯЮЩИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА РЫНОЧНУЮ СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УКРАИНЕ

Г.А. Иванов¹, И.В. Блинов², докт. техн. наук, Е.В. Парус², канд. техн. наук, В.А. Мирошник²

¹ Государственное предприятие «Гарантирующий покупатель»,
ул. Симона Петлюры, 56, Киев, 03680, Украина.

E-mail: gennadiy_i@icloud.com

² Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина.

E-mail: blinovigor81@gmail.com; paruseugene@gmail.com; miroshnyk.volodymyr@gmail.com

Рассмотрены организационные основы и функции балансирующей группы Гарантированного покупателя как основного механизма реализации государственной программы поддержки развития производителей с возобновляемыми источниками энергии. Проанализированы основные преимущества и недостатки таких объектов в части их влияния на процессы ценообразования в организованных сегментах рынка электроэнергии Украины. Определены общие подходы к решению проблем, возникающих в условиях повышения доли производства электроэнергии из возобновляемых источников в Украине. Предложены подходы к построению средств анализа факторов влияния объемов отпущенной станциями с возобновляемыми источниками производства электроэнергии на процессы ценообразования в организованных сегментах рынка электроэнергии Украины. Библиограф. 4, рис. 1.

Ключевые слова: гарантированный покупатель, возобновляемые источники энергии, рынок электрической энергии, сравнительный анализ, имитационное моделирование.

COMPONENTS OF MODEL FOR ANALYSIS OF INFLUENCE OF RENEWABLES ON THE ELECTRICITY MARKET PRICE IN UKRAINE

H.A. Ivanov¹, I.V. Blinov², E.V. Parus², V.O. Miroshnyk²

¹ State Company “Guaranteed buyer”,
st. Simon Petlyury, 56, Kyiv, 03680, Ukraine.

E-mail: gennadiy_i@icloud.com

² Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy ave., 56, Kyiv, 03057, Ukraine.

E-mail: blinovigor81@gmail.com; paruseugene@gmail.com; miroshnyk.volodymyr@gmail.com

The organizational basis and functions of the balancing group of the Guaranteed Buyer are considered as the main mechanism for implementing the state program to support the development of producers with renewable energy sources. The main advantages and disadvantages of such objects in terms of their influence on the pricing processes in organized segments of the electricity market of Ukraine are analyzed. The general approaches to solving problems arising in the face of increasing the share of electricity production from renewable sources in Ukraine are identified. Approaches to the means for analyzing the factors affecting the volumes supplied by stations with renewable sources on the pricing in organized segments of the electricity market of Ukraine are proposed. References 4, figure 1.

Keywords: guaranteed buyer, renewable energy sources, electricity market, comparative analysis, simulation model

1. On Electricity Market. The Law of Ukraine. 13.04.2017 No 2019-VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>. (accessed: 29.04.2019). (Ukr)

2. On Alternative Energy Sources. The Law of Ukraine. 20.02.2003. № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>. (accessed: 29.04.2019). (Ukr)

3. Butkevych O.F., Yuniieieva N.T., Hurieieva T.M. On the issue of energy storages placement in the IPS of Ukraine. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2019. No 6. Pp. 59-64. (Ukr). DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2019.06.059>

4. Blinov I., Miroshnyk V., Shymaniuk P. Short-term interval forecast of total electricity generation by renewable energy sources producers. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2019. No 54. Pp. 5-12. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005>

Надійшла 28.02.2020
Остаточний варіант 04.05.2020