

В.А. Євдокімов, Г.А. Іванов, Київ

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ТА ЦІН НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ В КОНТРАКТАХ В УМОВАХ ЛІБЕРАЛІЗОВАНОГО РИНКУ

Annotation. The Article is devoted to solving the problem of determination of electricity volumes and prices within agreements on wholesale and retail markets concerning electricity supply to the consumer in the conditions of the liberalized electricity market (hereinafter – “Contracting”). The Article represents conducted research, the result of which is practical for use by the electricity supplier in order to determine the behavior strategy in the market segments and calculation of the price corridor for electricity within agreements to ensure the break-even activity on supplying electricity.

Вступ

Діюча модель ринку електричної енергії в Україні має для постачальників електричної енергії за нерегульованим тарифом єдиний індикативний рівень оціночного рівня ціни при укладанні договорів зі споживачами – це роздрібний тариф для промислових споживачів приєднаних до мереж першого та другого класів напруги електричних мереж, який визначається та встановлюється НКРЕКП. В наявній моделі, коли штучне ціноутворення регламентує привабливість та рентабельність ціноутворення на постачання незалежних постачальників, ми маємо не адекватне становище, а саме яскраво виражений перерозподіл незалежних постачальників по регіонах країни. Так, наприклад, в харківському регіоні сконцентровано більш ніж 70 % всіх незалежних постачальників, а на інших територіях обласних центрів України фактично відсутній інститут конкурентного постачання. Станом на вересень 2017 НКРЕКП видало 139 ліцензій для право здійснення постачання електричної енергії незалежним постачальникам електричної енергії. Але, згідно звіту НКРЕКП за 2016 рік, в Україні електрична енергія постачається цими постачальниками за вільними цінами лише 1 272 споживачам, з яких 963 знаходяться в межах території харківського регіону. Таке становище не надає діючим в Україні постачальникам досвід в конкурентному ціноутворенні на електричну енергію для кінцевого споживача. Тому головним питанням залишається – прозорий та толерантний підхід к визначенню цін на постачання електричної енергії між споживачем та постачальником електричної енергії з урахуванням інтересів обох сторін.

Стан дослідження

На сьогодні в Україні питання ціноутворення на електричну енергію для кінцевого споживача в умовах лібералізованого ринку не розглядалося та не

вивчалось, а цей ринок має бути побудований в Україні на виконання умов угоди про членство в Енергетичному Співтоваристві, яку Україна підписала та зобов'язалась з 1 січня 2015 року застосовувати правила Третього енергетичного пакета ЄС. Зазначеному енергетичному пакеті директивою 2009/72/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку електричної енергії та про скасування Директиви 2003/54/ЄС [1] встановлюються принципи функціонування лібералізованого ринку електричної енергії, який наразі діє в членах країнах ЄС [1]. Головним питанням, яке стає перед електропостачальником щодо визначення ціни на електричну енергію для споживача в умовах нового ринку електричної енергії, який запроваджується Законом України “Про ринок електричної енергії” з 01.07.2019 [2], є конкурентоспроможний рівень ціноутворенні і головним чинником в цьому є – прозорість формування складових ціни. Споживач електричної енергії повинен мати можливість самостійної оцінки справедливості та прозорості індивідуального ціноутворення на спожитий їм товар – електричну енергію.

Основна частина

Новий ринок електричної енергії надає учасникам широкі можливості в виборі свої контрагентів за договорами і не обмежує в свободі вільного визначення цін в двосторонніх договорах за домовленістю сторін. На цьому ринку існує також централізовані майданчики для укладання контрактів на купівлю-продаж електричної енергії на конкурентних засадах та за цінами, які визначаються на прозорих та заздалегідь встановлених правилах. До таких майданчиків відносяться ринок “на добу наперед” та внутрішньодобовий ринок [2]. Новий ринок, крім можливостей встановлює зобов'язання щодо дотримання фактичних графіків виробництва та споживання відносно прогнозних, а іншими словами – законтракованих обсягів. Стимулюючим механізмом виконання цього зобов'язання є балансуєчий ринок, участь в якому є обов'язковою для всіх учасників ринку. Ціна та обсяги на всіх сегментах нового ринку визначаються для кожної години доби по різних правилах та підходах. Структура ціни на електричну енергію для кінцевого споживача значно ускладнюється по відношенню до наявній наразі структури [3]. Але, такі широкі можливості в новому ринку вносять його учасникам і ризики, яких в діючій моделі оптового ринку немає [4]. Далі в статті мова йтиме про прогноз та способи врахування ризиків електропостачальника при здійсненні діяльності, як на новому ринку так і на роздрібному ринку електричної енергії.

Електропостачальник є посередником взаємовідносин споживача з ринком електричної енергії при формуванні ціни на електричну енергію з продавцем електричної енергії. Але, при виконанні посередницьких функцій електропостачальник стикається з проблемою, коли споживач бажає єдину ціну на довгостроковій перспективі, а ринок пропонує електричну енергію за ціною, яка важко прогнозується та має широкий діапазон коливань. Крім того, споживачеві властива низька дисципліна споживання по відношенню до

прогнозного графіку, що в свою чергу тільки збільшує ризики електропостачальника від фінансових витрат на балансуєчому ринку [4]. Тому електропостачальник, при формуванні ціни постачання для споживача виступає буфером ринкових коливань ціни та середньозваженої ціни постачання. Таке становище вимагає від електропостачальника при формуванні ціни постачання багатогранно враховувати можливі ризики для підтримки його фінансової платоспроможності.

Очевидно, що електропостачальник повинен враховувати в кінцевій ціні як умова більшу кількість таких ризиків і транслювати їх на споживача через договірну ціну постачання. На рис. 1 наведений добовий графік ціни, який пропонує споживач електропостачальнику та сукупний графік середньозважених цін, які склалися на відповідних сегментах ринку електричної енергії.

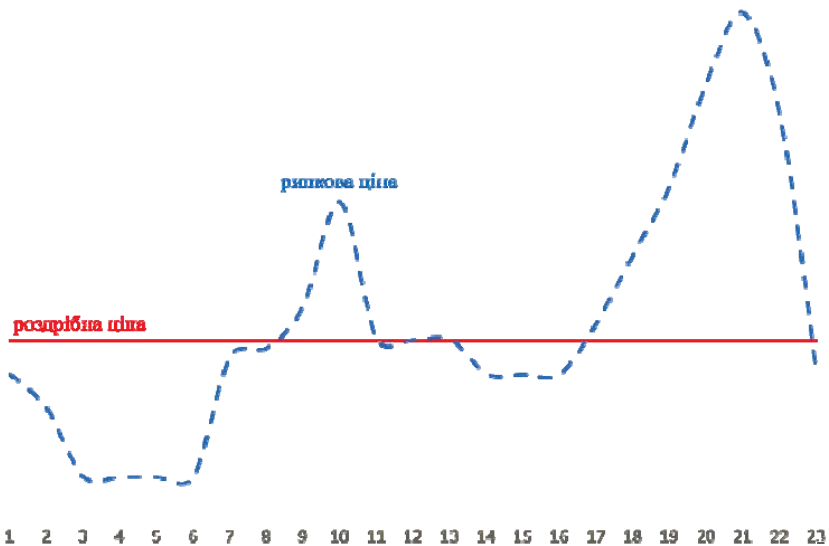


Рис. 1. Графік цін на електричну енергію запропонованих споживачем та сформованих на сегментах ринку електричної енергії

Електропостачальник повинен мати математичний інструмент для оцінки можливого рівня фіксованої ціни на роздрібному ринку або навпаки можливості розрахунку можливих цін за двосторонніми договорами для можливості постачання електричної енергії споживачеві за ціною, яку цей споживач бажає отримати. Графічне представлення такого інструменту наведено на рис. 2.

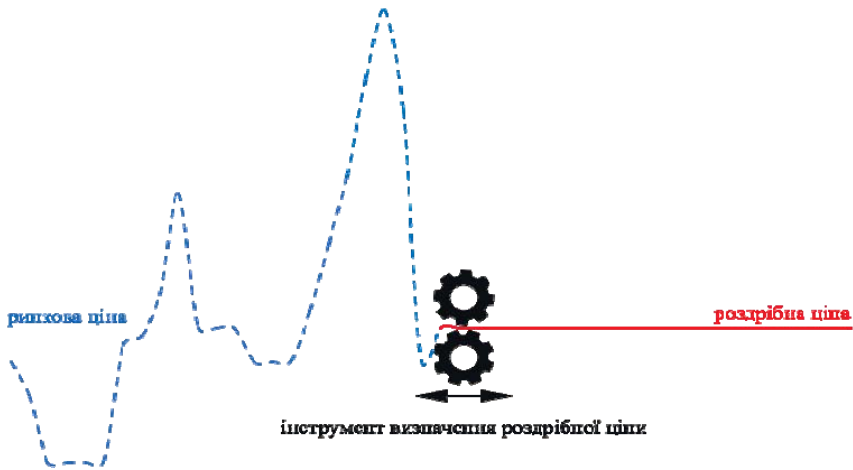


Рис. 2. Графічне відображення роботи математичного інструменту електропостачальника для формування ціни на електричну енергію для кінцевого споживача

Такий інструмент повинен враховувати прогностичні ціни на відповідних сегментах ринку, волатильність цін на електричну енергію, фінансові витрати електропостачальника від купівлі-продажу небалансів на балансуєчому ринку, ціни та тарифи на послуги з передачі та розподілу електричної енергії, маржинальний прибуток електропостачальника, та інші складові ціни, за якою планується здійснення постачання електричної енергії споживачеві.

Визначення ціни контрактизації для споживачів на розрахунковий рік здійснюється за наступної формулою, грн./МВт·год:

$$\text{Ц}^{\text{к}} = \left(\text{T}_{\text{осп}} + \text{T}_{\text{оср}} \right) + \text{Ц}_{\text{еп}}^{\text{п}} + \text{Ц}_{\text{ее}}, \quad (1)$$

де:

$\text{T}_{\text{осп}}$ – прогностичний або встановлений Регулятором тариф оператор системи передачі на розрахунковий період, грн./МВт·год;

$\text{T}_{\text{оср}}$ – прогностичний або встановлений Регулятором тариф оператор системи розподілу на розрахунковий період, грн./МВт·год;

$\text{Ц}_{\text{еп}}^{\text{п}}$ – ціна послуги електропостачальника, грн./МВт·год;

$\text{Ц}_{\text{ее}}$ – середньозважена ціна електричної енергії, яка придбаватиметься електропостачальником на всіх відповідних сегментах ринку електричної енергії, в тому числі за двосторонніми договорами, грн./МВт·год.

Ціна послуги електропостачальника розраховується за наступною формулою, грн./МВт·год:

$$Ц_{\text{ЕП}}^{\text{п}} = Ц_{\text{ЕП}}^{\text{в}} \times K_{\text{ЕП}}^{\text{р}}, \quad (2)$$

де:

$Ц_{\text{ЕП}}^{\text{в}}$ – ціна витрат електропостачальника на здійснення діяльності з постачання електричної енергії, грн./МВт·год;

$K_{\text{ЕП}}^{\text{р}}$ – коефіцієнт ризику, який збільшує ціну послуг електропостачальника з метою врахування відповідних фінансових ризиків від здійснення постачання електричної енергії відповідному споживачу, $у.о. \geq 1$. Коефіцієнт ризику потребує додаткових досліджень та буде описаний в наступних статтях співавторів цієї статті.

Попит на електричну енергію в новому ринку здебільшого визначають електропостачальники на підставі графіків споживання електричної енергії споживачами. Як правило, електропостачальник здійснює постачання більш ніж одному споживачеві. На ринку електричної енергії електропостачальник купує на відповідних сегментах та за двосторонніми договорами необхідний обсяг електричної енергії для всіх своїх споживачів. При цьому, купівля або продаж обсягів електричної енергії за двосторонніми договорами, на ринку на добу наперед та внутрішньодобовому ринку здійснюється на підставі прогнозних погодинних обсягів споживання, а купівля або продаж електричної енергії на балансуєчому ринку здійснюється на підставі різниці фактичного споживання згідно даних приладів обліку всіх споживачів електропостачальника та договірних обсягів електричної енергії придбаних на ринку [4].

На рис. 3 представлений приклад портфелю договорів на купівлю електричної енергії, які укладає електропостачальник для покриття сукупного погодинного графіку постачання електричної енергії споживачам.

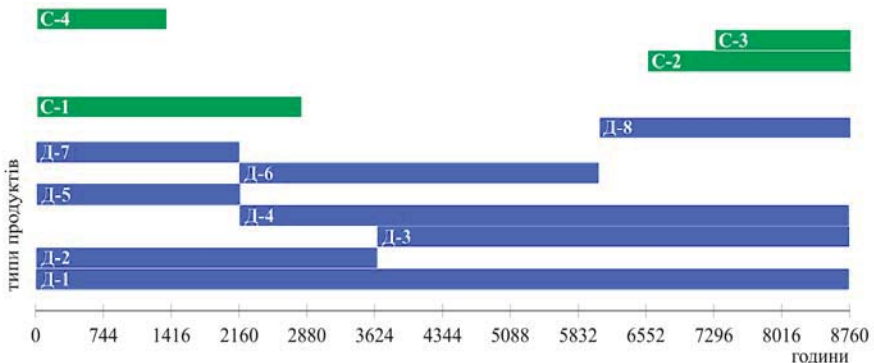


Рис. 3. Графічне представлення терміну дії укладених договорів з довгостроковими, середньостроковими та короткостроковими продуктами електричної енергії в рамках розрахункового року

Як свідчить рис. 3, електропостачальник укладає двосторонні договори з довгостроковими продуктами електричної енергії Д-1 – Д-8, та з середньостроковими продуктами електричної енергії С-1 – С-4. Не покритий обсяг планового споживання електропостачальник купуватиме на ринках с короткостроковими продуктами електричної енергії К: “на добу наперед” та внутрішньодобовому. На рис. 4 представлений погодинний графік обсягу споживання електричної енергії та сумарний прогнозного погодинного графіку необхідних обсягів купівлі електропостачальником електричної енергії на ринку. Якщо побудувати графік покриття погодинних обсягів постачання електричної енергії, то ми побачимо зони не покриті контрактними обсягами електричної енергії. Покриття цих зон електропостачальник планує на сегментах ринку на “добу наперед” та внутрішньодобовому ринку в режимі корегування прогнозного графіку по відношенню до фактичного [5]. Такий підхід дозволяє мати “буфер” в графіку постачання для можливого корегування контрактної позиції в терміні найбільш близькі до реального часу постачання. Такий підхід дозволяє хеджувати фінансові ризики електропостачальника від купівлі або продажу електричної енергії на балансуючому ринку за не вигідною для нього ціною. На рис. 4, як приклад, відображені графіки постачання та його покриття сумарним графіком електричної енергії, придбаної за договорами з довгостроковими та середньостроковими продуктами. Як ми бачимо, на рисунку довгострокові продукти покривають графік постачання в базовому графіку, а короткострокові продукти, частково заповнюють прогалини в графіку постачання для максимізації законтракованих обсягів електричної енергії на ринкових засадах. Такий підхід дозволяє утримувати волатильність цін на ринку в довгостроковій перспективі та мати електропостачальнику впевненість в фінансовій стабільності на довгостроковій перспективі. Це, в свою чергу, позитивно впливає на макроекономічні показники розвитку галузей економіки країни.

Обсяги електричної енергії, які були законтраковані на договірних засадах електропостачальником в рамках довгострокових та середньострокових продуктів електричної енергії, повинні покривати більш ніж 90 відсотків необхідного обсягу електричної енергії для постачання. Ці обсяги позитивно впливають на рівень та стабільність цін на електричну енергію для кінцевого споживача. Але, графік споживання електричної енергії майже ніколи не співпадає з сукупним графіком законтракованої електричної енергії електропостачальником на ринку. Новий ринок надає можливість корегування контрактної позиції на таких сегментах, як ринок “на добу наперед” та внутрішньодобовий ринок. На рис. 5 наведений приклад можливої стратегії електропостачальника, яка направлена на мінімізацію обсягів купівлі-продажу електричної енергії на балансуючому ринку, за рахунок купівлі або продажу електричної енергії на відповідних сегментах з ринковим ціноутворенням.

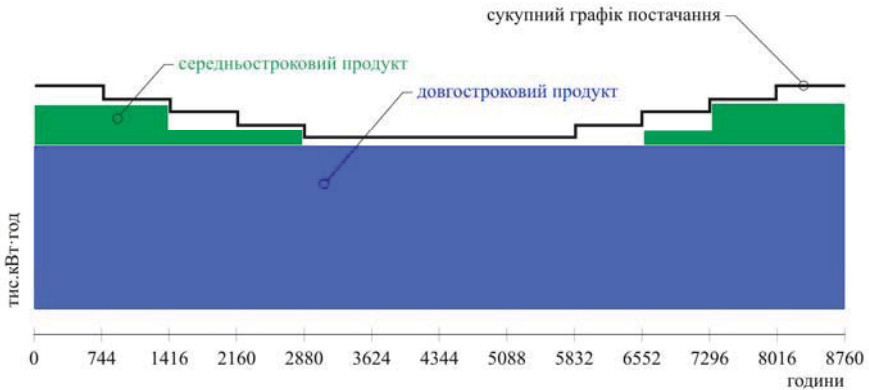


Рис. 4. Погодинні графіки обсягів постачання та договірних обсягів купівлі електропостачальником електричної енергії на ринку за довгостроковими та середньостроковими продуктами

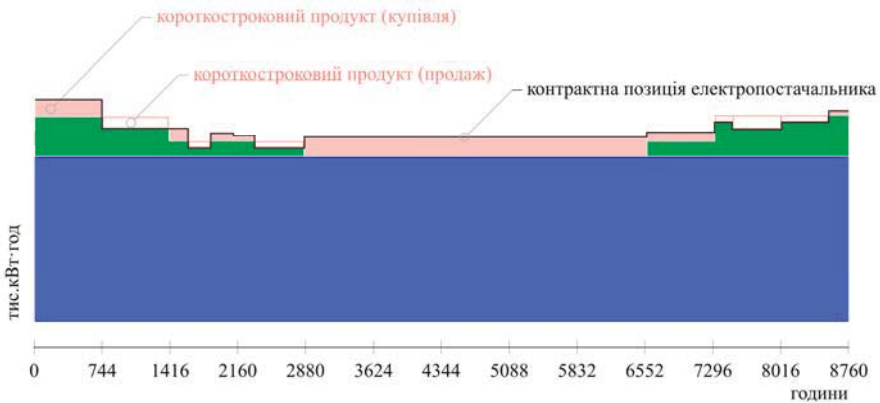


Рис. 5. Погодинні графіки купівлі-продажу електричної енергії електропостачальником за договорами з короткостроковими продуктами

На рис. 6 графічно приведений приклад можливого відхилення фактичного споживачів електропостачальника від сукупного обсягу законтракованого обсягу цим електропостачальником. Слід зазначити, що будь-які операції з купівлі або продажу електричної енергії електропостачальником на балансуєчому ринку є економічно не обгрунтовані та призводять до збитків електропостачальника. Такий механізм фінансового стимулювання, вимагає електропостачальника до взаємодії зі споживачем. Результатом такої взаємодії є узгодженість графіку постачання та графіку покриття графіку сумарними обсягами графіку законтракованих на ринку електричної енергії. Зазначений механізм

взаємовідносин електропостачальника зі споживачем є головним чинником зворотного зв'язку споживачів електричної енергії на апетити виробників електричної енергії.

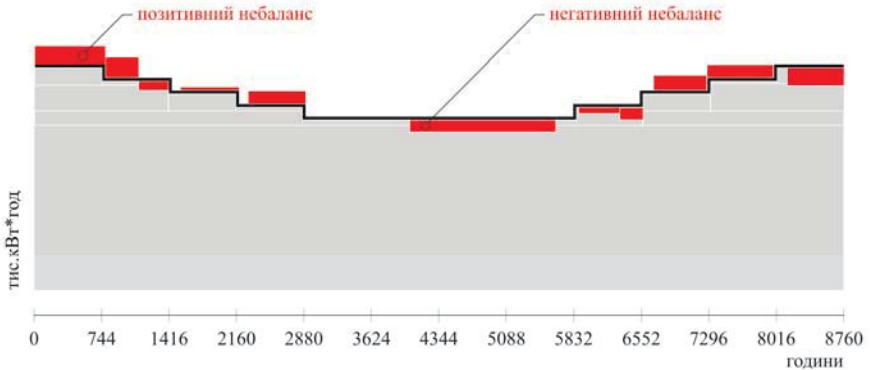


Рис. 6. Погодинний графік обсягів небалансів, які електропостачальник купує або продає на балансууючому ринку, як сторона відповідальна за баланс.

Середньозважена ціна електричної енергії за розрахунковий період, яка придбуватиметься електропостачальником на всіх сегментах ринку електричної енергії, в тому числі за двосторонніми договорами, визначається за наступною формулою, грн./МВт·год:

$$C_{ee} = \frac{V_{ee}}{O_{ee}}, \quad (3)$$

де:

V_{ee} – вартість електричної енергії, яка придбуватиметься електропостачальником на всіх сегментах ринку електричної енергії, в тому числі за двосторонніми договорами, грн.;

O_{ee} – обсяг електричної енергії, яка придбуватиметься електропостачальником на всіх сегментах ринку електричної енергії, в тому числі за двосторонніми договорами, МВт·год.

Зазначені вартість та обсяг визначаються за наступними формулами відповідно:

$$V_{ee} = \sum_1^n \left(\sum_r^p \left((C_r^d \times O_r^d) + (C_r^c \times O_r^c) + (C_r^k \times O_r^k) + (C_r^{6p} \times O_r^{6p}) \right) \right), \quad (4)$$

$$O_{ee} = \sum_1^n \left(\sum_r^p (O_r^d + O_r^c + O_r^k + O_r^{6p}) \right), \quad (5)$$

де: n – кількість договорів, од;
 $г$ – розрахункова година, год. ;
 $р$ – кількість годин в періоді постачання;

$C_{г}^d$ – ціна електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій довгострокового продукту “д”, грн./МВт·год;

$O_{г}^d$ – обсяг електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій довгострокового продукту “д”, тис.кВт·год;

$C_{г}^c$ – ціна електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій середньострокового продукту “с”, грн./МВт·год;

$O_{г}^c$ – обсяг електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій середньострокового продукту “с”, тис.кВт·год;

$C_{г}^k$ – ціна електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій короткострокового продукту “к”, грн./МВт·год;

$O_{г}^k$ – обсяг електричної енергії у відповідній годині “г” за договором, який підпадає під критерій короткострокового продукту “к”, тис.кВт·год;

$C_{г}^{op}$ – ціна електричної енергії у відповідній годині “г” на балансуєчому ринку, грн./МВт·год;

$O_{г}^{op}$ – обсяг електричної енергії у відповідній годині “г” на балансуєчому ринку з урахуванням напрямку купівлі-продажу небалансу (+/-), тис.кВт·год.

Вище наведена формула з визначення середньозваженої ціни електричної енергії, дозволяє оцінити середньозважену ціну, як по укладених договорах, так і по договорах, які необхідно укласти для покриття сукупного графіку постачання.

Електропостачальник отримує пропозицію від споживача щодо бажаної ціни та погодинних обсягів споживання і розраховує свої заявки на оптовій частині ринку з урахуванням сукупного графіку постачання. При відсутності у споживача погодинного графіку споживання, споживач надає електропостачальнику тижневі, місячні та річні обсяги споживання, на підставі яких електропостачальник самостійно формує погодинний графік споживання.

Наступним кроком електропостачальника є розрахунок обсягів покриття графіку постачання, які купуються на ринку електричної енергії. Електропостачальник, крім тих контрактів на постачання, які були укладені раніш, отримує пропозиції від інших споживачів і повинен мати уявлення про рівень прогнозованої ціни на купівлю електричної енергії на ринку, для вигідного для нього укладання нового договору на постачання. На рис. 6 наведений приклад врахування додаткових обсягів постачання електричної енергії нового споживача електропостачальником в загальному обсязі постачання всіх його споживачів. При цьому слід розуміти, що ці додаткові обсяги постачання можуть впливати на середньозважену ціну і як наслідок, збільшувати або зменшувати маржинальний прибуток електропостачальника. На рис. 7 наведений приклад пропозиції графіку споживання потенційного споживача, який потребує аналізу для визначення економічної доцільності постачання електричної енергії цьому споживачеві. На цьому рисунку, як приклад, враховуються раніш укладені двосторонні договори з довгостроковими та середньостроковими продуктами електричної енергії.

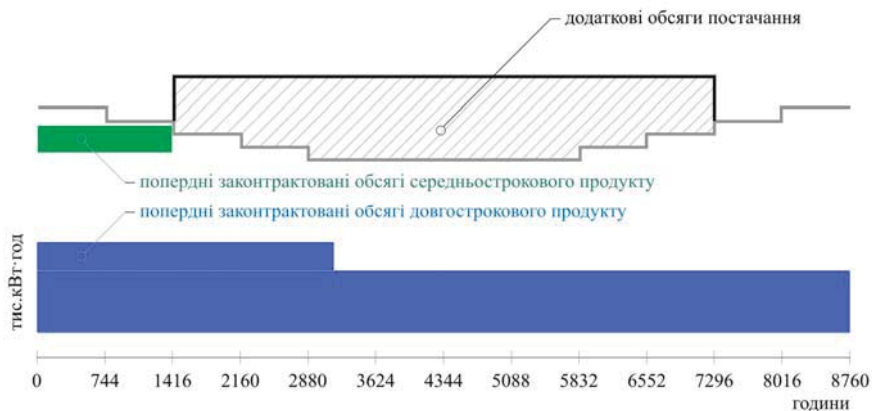


Рис. 7. Додаткові обсяги постачання електричної енергії, які необхідно врахувати електропостачальником при формуванні ціни контрактації для потенційного споживача.

Прогнозування цін на відповідних сегментах ринку електричної енергії та в двосторонніх договорах є окремим дослідженням і має декілька варіантів вирішення. Прогнозування цін здійснюється або для кожної години розрахункового періоду за допомогою відповідного програмного забезпечення, яке реалізує алгоритмічне моделювання процесів ціно- та тарифоутворення в новому ринку електричної енергії [6, 7] або з використанням алгоритмів апроксимації ретроспективних даних результату роботи сегментів ринку електричної енергії.

Висновки

Запропонований метод визначення параметрів контрактизації дозволяє електропостачальнику визначити ціну та обсяги електричної енергії, які можуть бути встановлені в договорі на постачання з відповідним споживачем, за умови забезпечення маржинального прибутку цього електропостачальника. Крім того, цей метод може бути використаний для визначення цін та обсягів в заявках електропостачальника, які він подає на відповідних сегментах ринку електричної енергії, а також за двосторонніми договорами, що в свою чергу, визначає реальний попит на електричну енергію саме споживачами і має обмежувати бажання учасників ринку електричної енергії необґрунтовано збільшувати свій маржинальний прибуток. Крім того, метод дозволяє в системі державного регулювання електроенергетичного сектору стримувати стрибок цін на електричну енергію під час відкриття нового ринку електричної енергії [8]. Дослідження щодо реалізації такої можливості будуть здійснені співавторами цієї статті в наступних статтях.

1. Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC. Article 9 “Unbundling of transmission systems and transmission system operators”. Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur124471.pdf>.
2. Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII “Про ринок електричної енергії”: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
3. *Блінов І.В., Попович В.І.* Гармонізована рольова модель європейського ринку електроенергії, Проблеми загальної енергетики. – 2011. – № 3(26). – С.5-11.
4. *Блінов І.В.* Теоретичні та практичні засади функціонування конкурентного ринку електроенергії. Наукова думка. – 2015. К. – С.250.
5. *Блінов І.В.* Методи та моделі забезпечення функціонування конкурентного ринку електричної енергії в Україні// Вісник НАН України. – 2013. - № 6. – С.81-87.
6. *Блінов І.В., Іванов Г.А.* Способи формування ключових вхідних даних для імітаційного моделювання цін та тарифів в новій моделі ринку електричної енергії // Промелектро. – 2017. – № 3. – С.54-57.
7. *Блінов І.В., Парус Є.В., Іванов Г.А.* Імітаційне моделювання функціонування балансуючого ринку електроенергії з урахування системних обмежень на параметри ОЕС України. Технічна електродинаміка. – 2017. - № 6. – С.72-79.
8. *Євдокімов В.А.* Система державного регулювання електроенергетичного сектору в Україні: особливості формування та функціонування / В. А. Євдокімов // Наукові праці: науково-методичн. журнал. Вип. 252. Т. 263. Державне управління. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. – С.64-69.

Поступила 18.09.2017р.

УДК 009.4

Б.М. Гавриш¹, к.т.н., ст. викл, УАД, О.В. Тимченко^{1, 2}, д.т.н., професор,
О.О. Тимченко¹, аспірант

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ НЕЧІТКОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

Анотація. Розглядається методи нейронечіткого опрацювання зображень для завдань виділення границь і розпізнавання.

Ключові слова: нечітке опрацювання зображень, нейронні мережі.

Abstract. The methods of neurofuzzy image processing for boundary allocation and recognition tasks are considered.

Keywords: fuzzy image processing, neural networks.

¹, Українська академія друкарства

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie