

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Відділення цільової підготовки Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» при
Національній академії наук України,
Інститут електродинаміки Національній академії наук України

ОПТОВИЙ ТА РОЗДРІБНИЙ РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як
навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Оптовий та роздрібний ринок електричної енергії: розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.В. Блінов, Є.В. Парус – Електронні текстові дані (1 файл: 1,1 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 44 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 26.05.2022 р.)
за поданням Вченої ради
Навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 8 від 28.03.2022 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

ОПТОВИЙ ТА РОЗДРІБНИЙ РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

Укладачі: *Блінов Ігор Вікторович* д-р техн. наук, ст. наук. співр.
Парус Євген Володимирович канд. техн. наук.

Відповідальний
редактор *Дерев'янка Денис Григорович* канд. техн. наук, доц.

Рецензенти: *Жаркін Андрій Федорович* д-р техн. наук, проф.

Методичні рекомендації – це навчально-практичне видання щодо питань розрахунку цін та тарифів на електричну енергію в організованих сегментах оптового ринку та на роздрібному ринку електричної енергії України. Представлено теоретичні матеріали та основні вимоги до виконання та оформлення розрахункової роботи. Методичні рекомендації призначені для підготовки магістрів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ	7
2. ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ ТА ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ	10
2.1. Правове регулювання електрозабезпечення споживачів галузі.....	10
2.2. Аналіз ситуації на ринку електричної енергії України.....	11
2.3. Розрахункова частина роботи	11
3. ОЦІНЮВАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ	12
4. РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ.....	14
5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА РОБОТИ	21
5.1. Підготовка графіків прогнозу навантаження	22
5.2. Розрахувати прогнозний погодинний графік споживання електричної енергії для підприємства, використовуючи «наївний» метод прогнозування (додатково)	23
5.3 Ринок двосторонніх договорів	24
5.4. Ринок «на добу наперед»	25
5.5. Балансуючий ринок.....	29
5.6. Добова вартість електричної енергії.....	30
5.7. Розрахунок кінцевого тарифу для споживача.	32
5.8. Оцінка доцільності виходу із групи споживачів категорії Б.....	33
5.9. Аналіз комерційних пропозицій (додатково).	34
5.10 Висновки.....	34
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	35
ДОДАТОК А.....	38
ДОДАТОК Б	44

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

БР – балансуючий ринок;

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг;

ОР – оператор ринку;

ОСП – оператор системи передачі;

ОСР – оператор системи розподілу;

РДД – ринок двосторонніх договорів;

РДН – ринок «на добу наперед»;

РР – роздрібний ринок.

ВСТУП

Впровадження у липні 2019 року в Україні нової моделі ринку електроенергії [1] супроводжувалося як появою нових ринкових сегментів [2, 3], так і появою нових учасників ринку. При цьому відбулися суттєві зміни у правилах відносин між учасниками ринку та принципах ціноутворення для всіх учасників ринку [4, 5], передусім – для кінцевого споживача [6, 7], що працює на роздрібному ринку електричної енергії [8, 9]. Нова модель ринку електричної енергії надала споживачу право зміни постачальника електроенергії та можливість безпосередньої закупівлі електроенергії у ринкових сегментах [1, 2, 10]. Відповідно для споживачів електроенергії набули актуальності питання вибору оптимальної моделі закупівлі електроенергії [9]. Вирішення такої задачі безпосереднім порівнянням різних варіантів закупівлі електроенергії ускладнене внаслідок функціонування в оптовій частині ринку електроенергії кількох сегментів з різними принципами участі і різними правилами ціноутворення, а у роздрібній частині – постачальників із різними підходами до тарифоутворення для споживачів. Таким чином, для споживача електроенергії у загальному випадку існують сотні варіантів закупівлі електроенергії, для безпосереднього порівняння яких необхідно здійснити значний обсяг розрахунків.

У таких умовах споживачу електроенергії більш доцільно використовувати окремі закономірності у правилах і моделях ціноутворення для оцінки доцільності впровадження окремих змін до існуючої моделі постачання електроенергії, наприклад: порівняння комерційних пропозицій постачальників електроенергії, доцільність переходу з категорії «Б» (без погодинного обліку електричної енергії) до категорії «А» (з погодинним обліком електричної енергії) [11], доцільність самостійної участі в організованих сегментах та інші питання зміни складових схеми участі на ринку електроенергії України.

Розрахункова робота відноситься до елементів самостійної роботи студентів, робота над якою проводиться протягом усього семестру в залежності від опрацювання відповідного матеріалу на лекційних та практичних (семінарських) заняттях. Виконання завдань розрахункової роботи сприяє більш глибокому засвоєнню лекційного матеріалу, прищеплює студентам уміння самостійно і творчо вирішувати поставлені завдання.

Методичні рекомендації призначені для систематизації і викладення основних вимог до виконання та оформлення розрахункової роботи. Методичні рекомендації призначені для підготовки магістрів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології».

Об'єктом дослідження в розрахунковій роботі виступає система взаємовідносин комплексу «ринок електроенергії-постачальник – споживач» та «ринок електроенергії – споживач» для задоволення попиту споживачів на електричну енергію на оптовому та роздрібному ринку електричної енергії.

Предметом дослідження є методи, моделі, методики розв'язання задач визначення результатів функціонування різних сегментів ринку електричної енергії України.

Виконання розрахункової роботи має на меті: практично навчити студентів самостійно проводити дослідження щодо формування вартості електричної енергії для кінцевого підприємства споживача електричної енергії на основі аналізу графіку споживання електричної енергії як на оптовому, так і на роздрібному ринку електричної енергії України, виконати аналіз щодо доцільності переходу до погодинного обліку електричної енергії, дослідити вплив обсягів небалансів електричної енергії на кінцеву вартість електричної енергії споживача.

1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Мета роботи. Дослідити процес формування вартості електричної енергії для кінцевого підприємства-споживача електричної енергії на основі аналізу графіку споживання електричної енергії як на оптовому, так і на роздрібному ринку електричної енергії України, виконати аналіз щодо доцільності переходу до погодинного обліку електричної енергії, дослідити вплив обсягів небалансів електричної енергії на кінцеву вартість електричної енергії споживача.

Об'єкт дослідження. Оптовий та роздрібний ринок електричної енергії України.

Предмет дослідження. Методи, моделі, методики розв'язання задач визначення результатів функціонування різних сегментів ринку електричної енергії України.

Методи дослідження. Методи системного аналізу, апарат математичної статистики, комп'ютерне моделювання, як засіб виконання досліджень.

Загальна структура та зміст роботи.

Типова структура розрахунково-графічної роботи має наступний вид:

- титульний аркуш,
- зміст,
- вступ,
- основна частина,
- висновки,
- список літератури (перелік посилань),
- додатки (за необхідності)

У *вступі* має бути зазначена мета проведення дослідження, вказано особливості промислового споживача електричної енергії (або групи таких споживачів), що розглядається згідно варіанта завдання.

Основна частина містить виконання усіх завдань з необхідними розрахунками, поясненнями, обґрунтуваннями прийнятих рішень. У розрахунковій роботі необхідно дослідити фактори, які впливають вартість електричної енергії споживачів, ціни у різних сегментах ринку електричної енергії та надати пропозиції щодо можливих варіантів вирішення питання стосовно форми участі споживача на ринку електричної енергії України, його можливостей щодо підвищення ефективності роботи в ринкових умовах.

Важливо визначити, які постачальники забезпечують електричною енергією споживачів групи, що розглядається. У роботі максимально повинні використовуватися графічні можливості редактора Microsoft Office Excel щодо представлення даних, зокрема це стосується графіків електричного навантаження, розрахунку цін та вартості електричної енергії, вартості небалансів електричної енергії.

Статистична інформація, представлена в роботі, повинна максимально відображати поточну ситуацію як в енергетичній галузі, так і у досліджуваній групі споживачів. Слід використовувати реальну ретроспективну інформацію з відкритих джерел та дані, що публікуються відповідними суб'єктами ринку електричної енергії.

У *висновках* мають бути відображені підсумки виконаної роботи і зроблено загальний висновок щодо даного споживача з точки зору організації постачання або самостійної закупівлі електричної енергії.

До основних етапів виконання роботи слід віднести аналіз і оцінювання:

- особливостей графіку споживання електричної енергії споживачем;

- особливостей тарифів на розподіл електричну енергію в регіоні споживача;
- особливостей тарифу на передачу електричної енергії;
- цін на електричну енергію в різних сегментах ринку електричної енергії;
- цін небалансів електричної енергії;
- впливу соціально-економічних факторів на роботу ринку електричної енергії;
- правових аспектів регулювання постачання електричної енергії споживачам;
- динаміку зміни обсягів та цін на електричну енергію в різних сегментах оптового ринку та на роздрібному ринку (РР);
- впливу державної тарифної політики на організацію роботи споживачів;
- впливу графіка споживання на вартість електричної енергії, а також визначення, за результатами дослідження, найбільш ефективної, з точки зору споживання електричної енергії, форми закупівлі електричної енергії споживачем.

Обсяг роботи. Розрахункова робота оформлюється у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом до 20 сторінок формату А4 основного тексту без додатків.

Варіанти завдань. Номер варіанта видає викладач, група споживачів (галузь промисловості) обирається за таблицею у Додатку Б.

Роботи, що містять завдання не свого варіанта, не зараховуються.

2. ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ ТА ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ

Необхідно звернути увагу, що наведені нижче питання розглядаються на лекційних та практичних заняттях, зокрема, визначаються основні етапи їх вирішення та наводяться відповідні методологічні підходи.

Перелік завдань може бути відкоригований за погодженням з викладачем за необхідності більш детального розгляду окремих питань щодо аналізу групи споживачів електричної енергії або участі в окремих сегментах ринку.

Приклади отримання вхідної інформації для виконання розрахунків наведені у Додатку А. У разі зміни структури інформаційних джерел, сайтів тощо. Нові приклади отримання вхідної інформації надаються викладачем.

2.1. Правове регулювання електрозабезпечення споживачів галузі

Дослідженню підлягає нормативно-правова база, в якій функціонує система ринку електричної енергії та споживачі електричної енергії групи для якої розглядається постачання електричної енергії. Результат дослідження має бути представлений у табличній формі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Аналіз нормативно-правового регулювання функціонування ринку електричної енергії України.

Нормативний (правовий) документ	Пояснення (примітки, графіки, аналітика)

Формування цього розділу проводиться з урахуванням особливостей національного нормативного регулювання. В першу чергу, до переліку вносяться закони України, постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), галузеві нормативні документи.

Особлива увага приділяється правилам ринку електричної енергії.

2.2. Аналіз ситуації на ринку електричної енергії України

Дослідженню підлягає ринок «на добу наперед», ринок двосторонніх договорів, балансуючий ринок, роздрібний ринок електричної енергії України.

В розділі слід навести аналіз зміни цін та обсягів на електричну енергію в сегментах оптового ринку електричної енергії за останні три місяці.

Охарактеризувати основні тренди на ринку. Надати опис ситуації на роздрібному ринку електричної енергії в розрізі кількості постачальників за вільними цінами, постачальників універсальних послуг. Дослідити рівень цін для кінцевих споживачів електричної енергії. Навести дані щодо тарифів операторів систем розподілу для окремих регіонів України, тарифу оператора системи передачі.

2.3. Розрахункова частина роботи

Опис завдань розрахункової частини роботи наведена в розділі 5 методичних рекомендацій.

3. ОЦІНЮВАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Згідно Положення про рейтингову систему оцінювання успішності студентів розрахункова робота оцінюється за результатами:

- захисту (табл. 3.1);
- якості оформлення відповідних розрахункових та графічних матеріалів (табл. 3.2).

Під час захисту роботи студент обґрунтовує прийняті рішення, відповідає на поставлені питання.

Таблиця 3.1 Оцінювання за результатами захисту студентом роботи

Результати захисту розрахунково-графічної роботи	Кількість балів
- глибоке розкриття комплексу проблем, відображення власної позиції, проведення аналізу та надання рекомендацій, відмінна відповідь на поставлені питання.	до 15 балів
- глибоке розкриття комплексу проблем, відображення власної позиції, проведення аналізу та надання рекомендацій, добра відповідь на поставлені питання	до 10 балів
- обґрунтоване розкриття комплексу проблем, проведення аналізу та надання рекомендацій, вільне володіння матеріалом, добра відповідь на поставлені питання	до 5 балів
- робота суто компілятивного рівня, незадовільна відповідь на поставлені питання	до 3 балів
- незадовільна робота	0 балів

Граничний термін представлення роботи до захисту – за два тижня до початку екзаменаційної сесії. У разі, якщо студент представив роботу після

вказаного граничного терміну, до отриманих балів після захисту роботи вводиться коефіцієнт **0,75**.

Якщо після захисту роботи встановлено, що вона потребує деяких змін та доповнень, студент повинен протягом *тижня* внести необхідні зміни до роботи та представити її до захисту у найближчий встановлений день захисту.

Таблиця 3.2 Оцінювання оформлення матеріалів роботи

Оформлення розрахункових та графічних матеріалів	Кількість балів
- робота цільна, оформлена логічно побудованими висловлюваннями, влучний вибір належної лексики та формулювань у роботі, впорядковані, вільно висловлені думки, вдало використані можливості комп'ютерної техніки для оформлення результатів розрахункових та графічних матеріалів	до 5 балів
- чітко і переконливо висловлена думка, робота не потребує виправлень	до 4 балів
- робота виконана з використанням належної лексики та формулювань, у роботу необхідно внести незначні зміни та доповнення	до 3 балів
- робота виконана важко зрозумілою мовою, обмежений словниковий запас, роботу потрібно значно доопрацювати	до 2 балів

4. РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

Ринок електричної енергії – система відносин, що виникають між учасниками ринку під час здійснення купівлі-продажу електричної енергії та/або допоміжних послуг, передачі та розподілу, постачання електричної енергії споживачам [1].

Роздрібний ринок електричної енергії - система відносин, що виникають між споживачем електричної енергії та електропостачальником у процесі постачання електричної енергії, а також іншими учасниками ринку, які надають пов'язані з постачанням електричної енергії послуги [1].

Різні підходи до ціно- та тарифоутворення постачальників електроенергії використовують однакові складові вартості 1 кВт·год для кінцевого споживача (рис. 4.1.) [9].

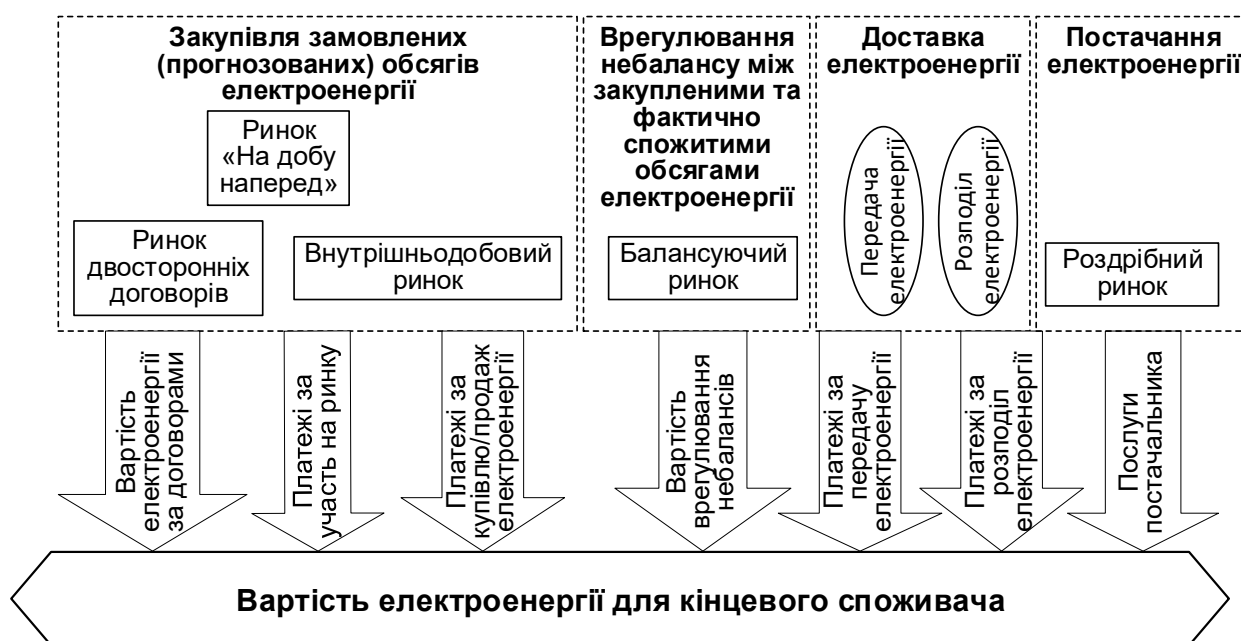


Рисунок 4.1. – Основні складові вартості електричної енергії для кінцевого споживача

Замовлені споживачем обсяги електроенергії постачальник купує на оптовому ринку. В загальному випадку ринок двосторонніх договорів використовується для закупівлі базових обсягів електроенергії на довгостроковий термін (на місяць чи більше). Вартість закупленої у цьому сегменті електроенергії визначається договором між покупцем та продавцем з деяким врахуванням прогнозу цін у інших ринкових сегментах.

Ринок «на добу наперед» (РДН) [3, 12, 13] надає торгову площадку для закупівлі погодинних обсягів електроенергії на добу постачання. Ціна купівлі/продажу електроенергії у цьому ринковому сегменті визначається балансом між попитом та пропозицією електроенергії на кожну годину доби постачання [14]. Відповідно ціна закупівлі електроенергії формується окремо для кожної години постачання. Сьогодні процеси ціноутворення в сегменті РДН справляють важливий вплив на вартість електроенергії в Україні [9] і тому сегмент РДН необхідно враховувати при рішенні всіх задач вибору оптимальної моделі закупівлі електроенергії для споживача. Ціна, що складається на РДН, є основою для розрахунків цін та тарифів для споживачів електричної енергії.

Внутрішньодобовий ринок [3] реалізує механізм безперервних торгів для продажу надлишків чи закупівлі додаткових обсягів електроенергії на окрему годину постачання за уточненим прогнозом. З огляду на невеликі обсяги торгів у цьому ринковому сегменті (менше 1-5% від загальних обсягів торгів на оптовому ринку), вплив процесів ціноутворення у сегменті внутрішньодобового ринку допустимо не враховувати для переважної більшості розрахунків вартості електроенергії для кінцевого споживача.

Балансуючий ринок (БР) реалізує функції зведення балансу між виробництвом та споживанням електроенергії [2, 15, 16]. Вартість наданих Оператору системи передачі послуг з балансування електроенергії відшкодовують учасники ринку (сторони відповідальні за небаланс), які допустили небаланси між обсягами закупленої/проданої у ринкових сегментах та

фактично спожитої/виробленої електроенергії. Обсяги допущених відхилень для учасників ринку електроенергії визначається за даними АСКОЕ [11] на кожну розрахункову годину, а ціна відшкодування – виходячи із вартості наданих у цю годину послуг балансування. Хоча нарахування відшкодування вартості допущених небалансів реалізується вже за фактом виробництва/споживання електроенергії на розрахункову годину доби, в практичних розрахунках зручно умовно відносити функцію фінансового врегулювання небалансів до сегменту БР, де формується ціна небалансів.

Вартість доставки електричної енергії фактично спожитих обсягів електроенергії по магістральним електричним мережам та по системам розподілу розраховується за встановлюваними НКРЕКП тарифами на передачу (Оператору системи передачі) і на розподіл (Оператору системи розподілу) електроенергії. Ці складові вартості електроенергії фіксуються Регулятором на тривалий термін (до півроку) і при порівнянні різних моделей закупівлі споживачем електроенергії за критерієм вартості 1 кВт·год можуть не враховуватися.

Безвідносно принципів ціноутворення різних постачальників для споживачів в Україні функціонують дві основні схеми обліку електроенергії [9]:

- споживачі з погодинним обліком електроенергії (споживачі категорії «А»);
- споживачі з обліком електроенергії за розрахунковий місяць (споживачі категорії «Б»).

У сегменті роздрібного ринку електроенергії України постачальники пропонують пропозиції з постачання електроенергії за різними умовами тарифоутворення. Проте, як показав огляд комерційних пропозицій постачальників, в умовах однакового графіка платежів за спожиту електроенергію, формули тарифоутворення для споживачів категорій «А» та «Б» є схожими з точки зору маржі постачальника. Тому, при рішенні задачі оцінки доцільності переходу споживача на погодинний облік електроенергії за

критерієм вартості 1 кВт·год складові маржі постачальника допустимо не враховувати.

Таким чином визначальними факторами для рішення задачі оцінки доцільності переходу споживача на погодинний облік електроенергії є вартість погодинних обсягів електроенергії та погодинна вартість небалансів електроенергії з урахуванням особливостей обліку електроенергії та розрахунків цих складових для споживачів з погодинним та без погодинного обліку електроенергії.

Споживачі з погодинним обліком електроенергії самостійно визначають прогнозовані погодинні графіки навантаження протягом доби. Постачальник електроенергії купує замовлені погодинні обсяги електроенергії (у сегменті двосторонніх договорів та/або на РДН). Щогодинні відхилення фактичних обсягів споживання електроенергії від замовлених фіксуються як допущені споживачем погодинні небаланси. Нарахування платежів за допущені небаланси здійснюється за наведеною в Правилах ринку [2] формулою, якою враховується: сформовані на відповідну годину доби ціни у сегментах РДН і БР, обсяг допущеного споживачем небалансу та відношення напрямків небалансів (дефіцит чи профіцит замовлених обсягів) [16] у споживача і у торговій зоні ринку електроенергії України, до якої віднесено цього споживача. Як видно, за схеми погодинного обліку електроенергії споживач самостійно прогнозує власне погодинне електроспоживання та несе повну фінансову відповідальність за помилки у прогнозуванні. Зазвичай споживачі з погодинним обліком електроенергії самостійно несуть фінансові витрати на встановлення та обслуговування системи погодинного обліку електроенергії. У цьому випадку вартість встановлення та витрати на обслуговування такої системи слід привести до одиниці спожитої електроенергії за нормативний строк експлуатації системи. Розраховане значення використовується як надбавка до вартості 1 кВт·год електроенергії для варіанта з погодинним її обліком.

Для споживачів без засобів погодинного обліку неможливо зафіксувати фактичні погодинні обсяги споживання електроенергії. Тому постачальник електроенергії використовує надані Оператором системи розподілу [17] погодинні значення навантаження для групи таких споживачів в межах однієї площадки вимірювання АСКОЕ та розраховує фактичну вартість електроенергії для таких споживачів пропорційно фактично спожитим ними (по даним лічильників) за розрахунковий місяць обсягам електроенергії. Статистика погодинного навантаження для групи споживачів без засобів погодинного обліку електроенергії також використовується постачальником для прогнозу та закупівлі погодинних обсягів електроенергії з урахуванням замовлених цими споживачами на новий розрахунковий місяць обсягів електроенергії. Відповідно при нарахуваннях фактичної вартості електроенергії для кожного такого споживача постачальник розподіляє сумарну за місяць вартість погодинних обсягів електроенергії та сумарну за місяць вартість погодинних небалансів між споживачами в межах площадки вимірювання АСКОЕ пропорційно фактично спожитим цими споживачами протягом розрахункового місяця обсягам електроенергії. Деяка індивідуалізація вартості небалансів між замовленими та фактично спожитими протягом розрахункового місяця обсягами електроенергії застосовується постачальниками у формі штрафних нарахувань за значні (більше 5% чи 10%) відхилення у цих складових. При рішенні задачі оцінки доцільності переходу споживача на погодинний облік електроенергії обсяги штрафних нарахувань варто враховувати виключно за наявності у споживача регулярних штрафних платежів у формі розрахованої за статистичними даними додаткової надбавки до вартості 1 кВт·год протягом розрахункового періоду не менше місяця. Таким чином, рішення задачі оцінки доцільності переходу споживача на погодинний облік електроенергії реалізується порівнянням вартості погодинних обсягів електроенергії у сегменті РДН та вартості небалансів в обох порівнюваних варіантах на розрахунковий період з урахуванням приведених до

1 кВт·год фактично спожитої електроенергії витрат на засоби погодинного обліку електроенергії.

Сегмент РДН в Україні наразі відіграє визначальну роль у формуванні ринкової вартості електроенергії як складової вартості електроенергії для кінцевого споживача. Тому механізми ціноутворення та основні тренди у цьому ринковому сегменті потребують детального аналізу передусім в частині їх впливу на вартість електроенергії для споживачів з погодинним обліком електроенергії та споживачів без погодинного обліку електроенергії.

В основі функцій РДН покладено апарат двостороннього аукціону [13] з граничною моделлю ціноутворення, призначений для узгодження попиту та пропозиції електроенергії на окрему годину постачання. Відповідно для кожної години доби постачання формується окрема ціна купівлі електроенергії. Як правило, ціна електроенергії у сегменті РДН найнижча у нічні години доби і найвища у години піку навантаження. В результаті на вартість 1 кВт·год електроенергії для споживача суттєво впливають відношення погодинних обсягів електроенергії у нічні та денні години доби.

Значення середньозваженої вартості 1 МВт·год електроенергії відіграє основну роль у процесі оцінки доцільності виходу із групи споживачів без погодинного обліку електроенергії та закупівлі електроенергії за власним графіком електроспоживання. Ціни на РДН публікуються для відкритого доступу на офіційному сайті Оператора ринку. Статистика погодинних графіків споживання для групи споживачів без погодинного обліку електроенергії надається Оператором системи розподілу за запитом споживача. Статистичну інформацію щодо навантаження споживачів без погодинного обліку електроенергії окремо по кожному оператору системи розподілу публікує на офіційному сайті Оператора системи передачі [18]. Тому на етапі попередньої оцінки не складно порівняти значення середньозваженої ціни на електроенергію за профілем споживачів категорії «Б» та за власним погодинним графіком

електроспоживання. Для остаточного прийняття рішення необхідно використовувати статистику цін та обсягів електроспоживання за розрахунковий період не менше одного місяця.

Учасники ринку електричної енергії та споживачі із погодинним обліком електроенергії самостійно прогнозують погодинний графік навантаження [19-22] і несе повну фінансову відповідальність за допущені погодинні небаланси між прогнозними та фактичними значеннями погодинного навантаження. Група споживачів без погодинного обліку електроенергії несе солідарну відповідальність за допущені постачальником неточності прогнозу агрегованого графіка навантаження. При цьому принцип розрахунку для таких споживачів обсягів небалансів (різниця між замовленими та фактично спожитими за місяць обсягами електроенергії) не корелюється із нарахованим Адміністратором розрахунків сумарним значенням погодинних небалансів. Крім того, невідповідність між відхиленнями фактично спожитих за місяць обсягів електроенергії від замовлених для кожного споживача та погодинними відхиленнями фактично спожитих групою споживачів обсягів електроенергії від прогнозованих та викуплених постачальником обсягів призводить до завищення вартості небалансів зокрема, та ринкової складової вартості електроенергії для цих споживачів загалом.

Сучасні дослідження щодо ефективності використання нових технологій виробництва/споживання електричної енергії [23-27] потребують дослідження ринкової вартості електричної енергії, що скрадатиметься для учасників ринку, які запроваджують такі технології [28, 29].

В розрахунковій роботі виділені складові, які справляють помітний вплив на результати рішення задачі оцінки доцільності переходу споживача на погодинний облік електроенергії, зокрема до таких складових віднесені вартість закупівлі електроенергії у сегменті РДН та вартість нарахованих небалансів.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА РОБОТИ

Вхідні дані для розрахунків:

- 1) область оператора системи розподілу;
- 2) комерційна пропозиція постачальника електричної енергії;
- 3) доба постачання;
- 4) фактичний погодинний графік електроспоживання $V_h^{\text{факт}}$ у добу постачання;
- 5) тариф Оператора системи передачі $T_{\text{ОСП}}$ (визначити за даними НКРЕКП для розрахункового місяця);
- 6) тариф Оператора системи розподілу $T_{\text{ОСР}}$ (визначити за даними НКРЕКП для розрахункового місяця);
- 7) маржа постачальника $T_{\text{пост}}$;
- 8) ціни на електричну енергію в організованих сегментах ринку та ринку двосторонніх договорів (визначити на основі відкритих джерел інформації, згідно Додатку А).

Задача для розрахунків:

Розрахувати вартість електроенергії для наступних моделей закупівлі електроенергії:

А) Закупівля електроенергії у постачальника з погодинним обліком електроенергії (категорія А).

Модель враховує закупівлю прогнозованих добових обсягів споживання електроенергії у сегменті РДН, нарахування вартості допущених небалансів та маржу постачальника електроенергії.

Б) Закупівля електроенергії у постачальника без погодинного обліку електроенергії (категорія Б).

Модель враховує закупівлю прогнозованих добових обсягів споживання електроенергії у сегменті РДН з урахуванням коефіцієнтів профілю навантаження ОСР для групи споживачів категорії Б, нарахування вартості допущених небалансів та маржу постачальника електроенергії.

В) Самостійна закупівля електроенергії в ринкових сегментах.

Модель враховує закупівлю прогнозованого базису електроспоживання у сегменті РДД, змінної частки погодинного електроспоживання у сегменті РДН із врахуванням витрат на участь у сегменті РДД і нарахування вартості допущених небалансів

Методика розрахунків.

5.1. Підготовка графіків прогнозу навантаження

Згідно правилам ринку електричної енергії погодинний обсяг небалансів споживача розраховується як різниця між прогнозним $V_h^{\text{прог}}$ та фактичним $V_h^{\text{факт}}$ значенням обсягів закупівлі електричної енергії в окрему годину доби (графік споживача згідно варіанту роботи) :

$$V_h^{\text{неб}} = V_h^{\text{прог}} - V_h^{\text{факт}}$$

Для розрахунків приймається 3 основні варіанти прогнозу навантаження:

1) Прогноз погодинного навантаження більший на 5% за фактично спожитий обсяг:

$$V_h^{\text{прог}}(+5\%) = 1,05 \cdot V_h^{\text{факт}}$$

2) Ідеальний прогноз погодинного навантаження:

$$V_h^{\text{прог}}(0\%) = V_h^{\text{факт}}$$

3) Прогноз погодинного навантаження менший на 5% за фактично спожитий обсяг:

$$V_h^{\text{прог}}(-5\%) = 0,95 \cdot V_h^{\text{факт}}$$

Для подальших розрахунків необхідно підготувати таблицю погодинних обсягів навантаження для кожного із трьох варіантів прогнозу.

Для подальших розрахунків означається сумарний за добу обсяг фактичного споживання електроенергії:

$$V_D^{\text{факт}} = \sum_{h=1}^{24} V_h^{\text{факт}}$$

5.2. Розрахувати прогнозний погодинний графік споживання електричної енергії для підприємства, використовуючи «наївний» метод прогнозування (додатково)

$$\widehat{W}_{t,d} = W_{t,d-2},$$

де $\widehat{W}_{t,d}$ – прогнозні значення споживання в t -ту годину доби d , МВт·год;

$W_{t,d-2}$ – фактичні значення споживання в t -ту годину доби $d-2$, МВт·год.

Розрахувати погодинні значення відхилень прогнозних значень від фактичних та середню похибку прогнозу за місяць:

$$\varepsilon_{t,d} = W_{t,d} - \widehat{W}_{t,d},$$

$$MAPE_M = \frac{1}{h} \cdot \sum_i^h \frac{|W_i - \widehat{W}_i|}{W_i} \cdot 100\%,$$

де $\varepsilon_{t,d}$ – абсолютне відхилення прогнозних значень від фактичних, МВт·год;

$MAPE_D$ – середня відносна похибка по модулю (mean absolute percentage error) в періоді, що розглядається, %;

ht - кількість годин в періоді D , що розглядається.

$W_{t,d}$ – фактичні значення споживання в t -ту годину доби d , МВт·год

Вихідні дані:

- Погодинний графік фактичного споживання електричної енергії підприємством (самостійно створити для двох додаткових діб).

Результат:

- Погодинний прогнозний графік споживання електричної енергії підприємством.
- Погодинні абсолютні відхилення прогнозних значень від фактичних.
- Середня похибка «наївного» прогнозу.

5.3 Ринок двосторонніх договорів

Розрахунки здійснюються для варіанту (В) – самостійної закупівлі електроенергії у ринкових сегментах.

Для спрощення вважаємо, що у сегменті РДД купується лише обсяг електроенергії для покриття добового базису електроспоживання. При цьому, з огляду на ринкову вартість електроенергії на торговій платформі біржі з купівлі-продажу електричної енергії, укладається прямий договір із виробником електроенергії (з реєстрацією договірних обсягів у ОСП) і тому витрати на участь у торговій платформі біржі відсутні. Визначення погодинних обсягів добового базису здійснюється вибором найменшого значення прогнозованого погодинного споживання електроенергії за добу:

$$V_{\text{баз}}^{\text{прог}} = \min(V_h^{\text{прог}}) \forall h = \{1..24\}$$

Середньозважена ціна ($C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}}$) закупівлі базисних обсягів електроенергії у сегменті РДД на добу постачання визначається за статистикою торгів на офіційному сайті оператора біржі електричної енергії, наприклад ТБ «Українська енергетична біржа» (або іншому сайті оператора біржі для укладання

двосторонніх договорів щодо купівлі-продажу електричної енергії за уточненням).

Приклад отримання даних наведено у Додатку А (А.1.).

Посилання а сайт: <https://www.ueex.com.ua/>

Вартість електроенергії, закупленої у сегменті РДД на всю добу постачання розраховується як:

$$B_{\text{РДД}}^{(B)} = C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}} \cdot V_{\text{баз}}^{\text{прог}} \cdot 24 \text{ (€)}$$

Розрахунки слід виконати для кожного із трьох варіантів прогнозу навантаження:

$$B_{\text{РДД}}^{(B)}(+5\%) = 1,05 \cdot C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}} \cdot V_{\text{баз}}^{\text{факт}} \cdot 24 \text{ (€)}$$

$$B_{\text{РДД}}^{(B)}(0\%) = C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}} \cdot V_{\text{баз}}^{\text{факт}} \cdot 24 \text{ (€)}$$

$$B_{\text{РДД}}^{(B)}(-5\%) = 0,95 \cdot C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}} \cdot V_{\text{баз}}^{\text{факт}} \cdot 24 \text{ (€)}$$

5.4. Ринок «на добу наперед»

Ринок електричної енергії "на добу наперед" – сегмент ринку електричної енергії, на якому здійснюється купівля-продаж електричної енергії на наступну за днем проведення торгів добу.

Статистична інформація про результати торгів на РДН оприлюднюється на офіційному сайті Оператора ринку (ОР): <https://www.oree.com.ua/>.

Приклад отримання даних наведено у Додатку А (А.2.)

На сторінці результатів торгів слід вибрати дату реалізації, торгову зону та вкладинку «Погодинні результати на РДН». Для розрахунків необхідно записати на кожну годину доби $h=\{1..24\}$ граничну ціну $C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}}$ та обсяг торгів $V_{\text{РДН}(h)}^{\text{т.з.}}$.

В загальному випадку при розрахунках вартості купівлі електроенергії на РДН необхідно враховувати постійний платіж ОР за участь у торгах протягом розрахункового місяця $T_{OP}^{уч.} [€]$ та платіж за фактичні операції купівлі/продажу електроенергії $T_{OP}^{торг.} [€/(\text{МВт} \cdot \text{год})]$. З огляду на значні обсяги купівлі/продажу електроенергії постачальником у сегменті РДН, для моделей закупівлі електроенергії (А) та (Б) тариф $T_{OP}^{уч.}$ не враховується.

Додатково для розрахунків в частині моделі електроспоживання без погодинного обліку електроенергії необхідна інформація про частку обсягів споживання електроенергії групи споживачів категорії Б. Необхідна інформація міститься на сайті Оператора системи передачі (НЕК «УКРЕНЕРГО»): <https://ua.energy/>. Необхідно знайти погодинні коефіцієнти $K_{OCP(h)}^{(Б)}$ профілів навантаження для ОСР та взяти коефіцієнти для ОСР для області якого виконуються розрахунки згідно із завданням.

Приклад отримання даних наведено у Додатку А (А.2.)

Кожна модель закупівлі електроенергії має свої особливості врахування вартості закупленої на РДН електроенергії.

А) Варіант закупівлі електроенергії у постачальника з погодинним її обліком передбачає закупівлю прогнозованих погодинних обсягів $V_h^{прог}$ у сегменті РДН. Зазвичай постачальники електроенергії включають платежі Оператору ринку до загальної вартості закупленої електроенергії. Тому вартість закупівлі електроенергії в сегменті РДН на розрахункову добу за цим варіантом розраховується як:

$$B_{РДН}^{(А)} = \sum_{h=1}^{24} (C_{РДН(h)}^{гр.} + T_{OP}^{торг.}) \cdot V_h^{прог} (€)$$

При використанні наведеної формули слід зважати на розмірності цін та обсягів електроенергії. Так на роздрібному ринку електропостачальники в

розрахунках із споживачами зазвичай використовують розмірність кВт·год, в той час як на РДН $C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}}$ і $T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}$ подаються розмірністю $\text{€}/(\text{МВт} \cdot \text{год})$.

Розрахунки виконуються для кожного із трьох варіантів прогнозу навантаження:

$$\begin{aligned} B_{\text{РДН}}^{(A)}(+5\%) &= \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{прог}}(+5\%) \\ &= 1,05 \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{факт}}(\text{€}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{РДН}}^{(A)}(0\%) &= \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{прог}}(0\%) \\ &= \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{факт}}(\text{€}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{РДН}}^{(A)}(-5\%) &= \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{прог}}(-5\%) \\ &= 0,95 \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}} \right) \cdot V_h^{\text{факт}}(\text{€}) \end{aligned}$$

В) Варіант участі споживача в торгах на організованих сегментах ринку електроенергії України передбачає закупівлю у сегменті РДН змінної (понад базисну) частини погодинних обсягів споживання $V_{\text{зм}(h)}^{\text{прог}}$. Погодинний обсяг закупівлі змінної долі електроенергії у сегменті РДН розраховується як:

$$V_{\text{зм}(h)}^{\text{факт}} = V_h^{\text{факт}} - V_{\text{баз}}^{\text{факт}}$$

Тоді вартість закупівлі електроенергії на розрахункову добу розраховуватиметься як:

$$B_{\text{РДН}}^{(B)} = \sum_{h=1}^{24} (C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}) \cdot V_{\text{зм}(h)}^{\text{прог}} + \frac{T_{\text{ОР}}^{\text{уч.}}}{N_{\text{М}}} (\text{€})$$

де: $N_{\text{М}}$ – кількість днів розрахункового місяця.

Розрахунки виконуються для кожного із трьох варіантів прогнозу навантаження:

$$B_{\text{РДН}}^{(B)}(+5\%) = 1,05 \sum_{h=1}^{24} (C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}) \cdot V_{\text{зм}(h)}^{\text{факт}} + \frac{T_{\text{ОР}}^{\text{уч.}}}{N_{\text{М}}} (\text{€})$$

$$B_{\text{РДН}}^{(B)}(0\%) = \sum_{h=1}^{24} (C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}) \cdot V_{\text{зм}(h)}^{\text{факт}} + \frac{T_{\text{ОР}}^{\text{уч.}}}{N_{\text{М}}} (\text{€})$$

$$B_{\text{РДН}}^{(B)}(-5\%) = 0,95 \sum_{h=1}^{24} (C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}) \cdot V_{\text{зм}(h)}^{\text{факт}} + \frac{T_{\text{ОР}}^{\text{уч.}}}{N_{\text{М}}} (\text{€})$$

Б) Варіант закупівлі електроенергії у постачальника без погодинного її обліку передбачає закупівлю прогнозованих погодинних обсягів для групи споживачів категорії Б із подальшим розподілом вартості закупленої електроенергії між споживачами згідно із фактично спожитими обсягами електроенергії. Для цього варіанту закупівлі електроенергії вартість закупленої у сегменті РДН електроенергії на розрахункову добу постачання розраховується як:

$$B_{\text{РДН}}^{(B)} = \frac{\sum_{h=1}^{24} (C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}} + T_{\text{ОР}}^{\text{торг.}}) \cdot V_{\text{РДН}(h)}^{\text{т.з.}} \cdot K_{\text{ОСР}(h)}^{(B)}}{\sum_{h=1}^{24} V_{\text{РДН}(h)}^{\text{т.з.}} \cdot K_{\text{ОСР}(h)}^{(B)}} \cdot \sum_{h=1}^{24} V_h^{\text{факт}} (\text{€})$$

В даній розрахунковій роботі вважаємо, що індивідуальні помилки окремого споживача у прогнозах споживання не впливають на вартість закупівлі постачальником електроенергії для всіх споживачів категорії Б, а штрафні санкції

за різницю між замовленими та фактично спожитими за розрахунковий місяць обсягами електроенергії не враховуємо.

5.5. Балансуючий ринок

Балансуючий ринок електричної енергії (далі - балансуючий ринок) - ринок, організований оператором системи передачі електричної енергії з метою забезпечення достатніх обсягів електричної потужності та енергії, необхідних для балансування в реальному часі обсягів виробництва та імпорту електричної енергії і споживання та експорту електричної енергії, врегулювання системних обмежень в об'єднаній енергетичній системі України, а також фінансового врегулювання небалансів електричної енергії.

Приклад отримання даних наведено у Додатку А (А.3.)

Згідно правилам ринку електроенергії погодинний обсяг небалансів споживача розраховується як різниця між прогнозним $V_h^{\text{прог}}$ та фактичним $V_h^{\text{факт}}$ значеннями:

$$V_h^{\text{неб}} = V_h^{\text{прог}} - V_h^{\text{факт}}$$

За негативного небалансу $V_h^{\text{неб}(-)} < 0$ фактичне споживання виявляється більшим за прогнозне і для балансування режиму необхідне додаткове завантаження енергоагрегатів. Для компенсації умовних витрат на додаткове завантаження генераторів електростанцій споживач умовно купує на БР додаткові обсяги електроенергії за ціною балансуючого ринку (платежу за негативний небаланс):

$$B_h^{\text{неб}(-)} = C_{\text{БР}(h)}^{(-)} \cdot V_h^{\text{неб}(-)}$$

За позитивного небалансу $V_h^{\text{неб}(+)} > 0$ фактичне споживання виявляється меншим за прогнозне і для балансування режиму необхідне часткове

розвантаження енергоагрегатів. Для компенсації умовних витрат на розвантаження генераторів електростанцій споживач умовно продає на БР неспожиті обсяги електроенергії за ціною балансуючого ринку (платежу за позитивний небаланс):

$$B_h^{\text{неб}(+)} = C_{\text{БР}(h)}^{(+)} \cdot V_h^{\text{неб}(+)}$$

Для кожного із трьох варіантів прогнозу погодинного споживання електроенергії розраховується добовий платіж за допущені небаланси:

$$B_D^{\text{неб}}(-5\%) = 0.05 \cdot \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{БР}}^{(-)} \cdot V_h^{\text{факт}} \right)$$

$$B_D^{\text{неб}}(0\%) = 0$$

$$B_D^{\text{неб}}(+5\%) = 0.05 \cdot \sum_{h=1}^{24} \left(C_{\text{БР}}^{(+)} \cdot V_h^{\text{факт}} \right)$$

5.6. Добова вартість електричної енергії

А) Для моделі споживання електроенергії з погодинним її обліком добова вартість закупленої електроенергії розраховується як сума вартостей закупівлі електроенергії у сегменті РДН та вартості небалансів:

$$B_D^{(A)}(+5\%) = B_{\text{РДН}}^{(A)}(+5\%) + B_D^{\text{неб}}(+5\%)$$

$$B_D^{(A)}(0\%) = B_{\text{РДН}}^{(A)}(0\%)$$

$$B_D^{(A)}(-5\%) = B_{\text{РДН}}^{(A)}(-5\%) + B_D^{\text{неб}}(-5\%)$$

Складова кінцевого тарифу в частині закупівлі електроенергії розраховується приведенням суми витрат у ринкових сегментах до одиниці фактично спожитого обсягу:

$$C_D^{(A)}(+5\%) = \frac{B_D^{(A)}(+5\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

$$C_D^{(A)}(0\%) = \frac{B_D^{(A)}(0\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

$$C_D^{(A)}(-5\%) = \frac{B_D^{(A)}(-5\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

В) Для моделі самостійної закупівлі електроенергії добова вартість розраховується як сума вартостей закупівлі електроенергії у сегментах РДД, РДН та вартості небалансів:

$$B_D^{(B)}(+5\%) = B_{\text{РДД}}^{(B)}(+5\%) + B_{\text{РДН}}^{(B)}(+5\%) + B_D^{\text{неб}}(+5\%)$$

$$B_D^{(B)}(0\%) = B_{\text{РДД}}^{(B)}(0\%) + B_{\text{РДН}}^{(B)}(0\%)$$

$$B_D^{(B)}(-5\%) = B_{\text{РДД}}^{(B)}(-5\%) + B_{\text{РДН}}^{(B)}(-5\%) + B_D^{\text{неб}}(-5\%)$$

Складова кінцевого тарифу в частині закупівлі електроенергії розраховується приведенням суми витрат у ринкових сегментах до одиниці фактично спожитого обсягу:

$$C_D^{(B)}(+5\%) = \frac{B_D^{(B)}(+5\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

$$C_D^{(B)}(0\%) = \frac{B_D^{(B)}(0\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

$$C_D^{(B)}(-5\%) = \frac{B_D^{(B)}(-5\%)}{V_D^{\text{факт}}}$$

Б) Для моделі споживання електроенергії без погодинного її обліку ринкова складова вартості електроенергії за розрахунковий місяць $C_M^{(Б)}$ визначається на сайті постачальника.

Для прикладу.

Компанія Yasno.

$C_{РДН} = 1,62497$ грн/ кВт·год без ПДВ. Грудень 2020 року. Дніпро
ТОВ "ЕНЕРА ВІННИЦЯ".

Прогнозована ціна закупівлі електричної енергії на ринку електричної енергії складає 2,87905 грн./кВт·год без ПДВ. Грудень 2021 року.

Необхідно виконати порівняння розрахункової складової кінцевого тарифу $C_{Мроз}^{(Б)}$ для варіанту Б із значенням $C_M^{(Б)}$:

$$C_{Мроз}^{(Б)} = \frac{B_{РДН}^{(Б)}}{V_D^{факт}}$$

$$V_D^{факт} = \sum_{h=1}^{24} V_h^{факт}$$

5.7. Розрахунок кінцевого тарифу для споживача.

Кінцевий тариф для споживача формується за наступною загальною формулою:

$$T_D^{(*)} = C_D^{(*)} \cdot K + T_{ОСП} + T_{ОСР} + T_{пост}$$

На даному етапі розрахунків слід розрахувати значення тарифу для всіх моделей закупівлі електроенергії з урахуванням всіх варіантів помилки прогнозу:

$$T_D^{(A)}(+5\%) = C_D^{(A)}(+5\%) + T_{ОСП} + T_{ОСР} + T_{пост}$$

$$T_D^{(A)}(0\%) = C_D^{(A)}(0\%) + T_{ОСП} + T_{ОСР} + T_{пост}$$

$$T_D^{(A)}(-5\%) = C_D^{(A)}(-5\%) + T_{\text{ОСП}} + T_{\text{ОСР}} + T_{\text{пост}}$$

$$T_D^{(B)} = C_M^{(B)} \cdot K + T_{\text{ОСП}} + T_{\text{ОСР}} + T_{\text{пост}}$$

$$T_D^{(B)}(+5\%) = C_D^{(B)}(+5\%) + T_{\text{ОСП}} + T_{\text{ОСР}}$$

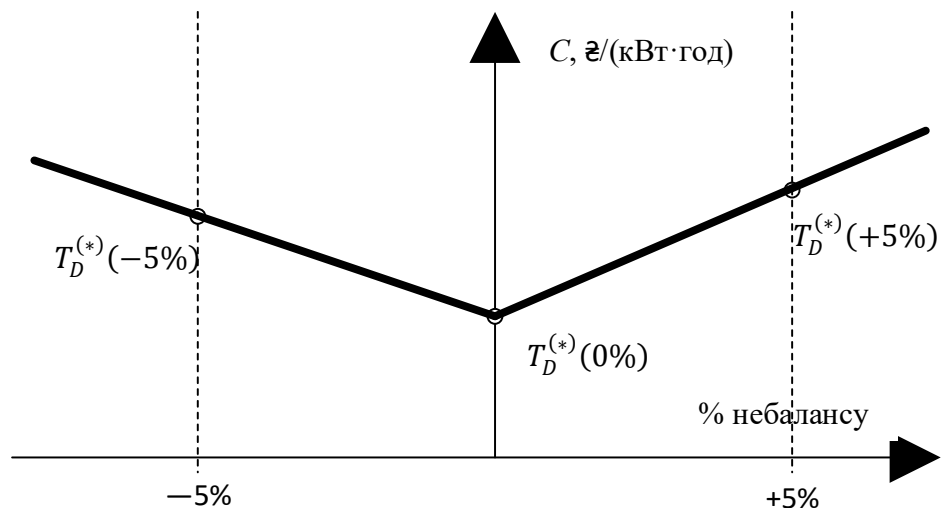
$$T_D^{(B)}(0\%) = C_D^{(B)}(0\%) + T_{\text{ОСП}} + T_{\text{ОСР}}$$

$$T_D^{(B)}(-5\%) = C_D^{(B)}(-5\%) + T_{\text{ОСП}} + T_{\text{ОСР}}$$

де K та $T_{\text{пост}}$ визначаються на сайті постачальника.

5.8. Оцінка доцільності виходу із групи споживачів категорії Б

Для моделей закупівлі електроенергії А та В будуються графіки залежності тарифу від похибки прогнозу, як показано на рисунку:



Для кожного із двох наведених графіків додатково наноситься горизонтальна лінія $T_D^{(B)}$. Далі отримані графіки порівнюються:

- якщо $T_D^{(B)} < T_D^{(*)}(0\%)$, то споживачу вигідніше залишатися у групі споживачів категорії Б;
- якщо $T_D^{(B)} > T_D^{(*)}(0\%)$, то по точкам перетину двох графіків оцінюються межі інтервалу похибки прогнозу, в яких економічно доцільний вихід із групи споживачів категорії Б.

5.9. Аналіз комерційних пропозицій (додатково).

Розрахувати кінцеву вартість та ціну електричної енергії при купівлі електричної енергії на роздрібному ринку за комерційними пропозиціями 2-х постачальників для споживачів групи А (з погодинним обліком). Для розрахунку використовувати формулу остаточного розрахунку з постачальником (згідно комерційної пропозиції). Порівняти отримані результати з вартістю закупівлі електричної енергії на оптовому ринку. Комерційну пропозицію обрати залежно від місячних обсягів та групи комерційного обліку (група А). Вартість закупівлі на ринку двосторонніх договорів дорівнює нулю. Якщо в формулі остаточного розрахунку не вказано вартість розподілу, то розрахувати окремо. Всі показники розрахувати з ПДВ (20%).

Вихідні дані:

- Погодинні графіки фактичного споживання (згідно варіанту).
- Тариф оператора системи передачі.
- Тариф оператора системи розподілу і регіон в якому розміщено підприємство (згідно варіанту).
- Комерційна пропозиція YASNO.
- Комерційна пропозиція ЕНЕРА.
- Додаткові дані залежно від комерційної пропозиції.

Результат: кінцева вартість електричної енергії з ПДВ, кінцева ціна електричної енергії з ПДВ.

У якості ринкової складової вартості електроенергії використати ціну закупівлі електричної енергії на ринку електричної енергії для відповідного постачальника універсальної послуги (ПУП).

5.10. Висновки

За результатами виконаних розрахунків зробити висновки щодо вибору однієї з форм участі на ринку електричної енергії з обґрунтуванням вибору.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 №2019-VIII.
2. Постанова НКРЕКП «Про затвердження Правил ринку» №307 від 14.03.2018 .
3. Постанова НКРЕКП «Про затвердження ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку» №308 від 14.03.2018
4. Блінов І.В. Проблеми функціонування та розвитку нової моделі ринку електричної енергії в Україні (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 3 лютого 2021 р.) // Вісник Національної академії наук України. 2021. № 3. С. 20-28. DOI: doi.org/10.15407/vsn2021.03.020
5. Іванов Г.А., Блінов І.В., Парус Є.В. Комплексна розрахункова модель ринку на добу наперед та балансуєчого ринку електроенергії України // *Промелектро*. 2016. № 4-5. С. 8–12.
6. Ivanov H., Blinov I., Parus Y. Simulation Model of New Electricity Market in Ukraine. In: Proc. IEEE 6th Int. Conf. Energy Smart Systems. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764184>
7. Постанова НКРЕКП «Про затвердження правил роздрібного ринку електричної енергії» №312 від 14.03.2018.
8. Куцан Ю.Г., Блінов І.В., Іванов Г.А. . Моделювання тарифо- та ціноутворення на роздрібному ринку електричної енергії України в нових умовах функціонування // Електронне моделювання. 2017. № 5. С. 71–79.
9. Блінов І.В., Парус Є.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Сичова В.В. Модель оцінки доцільності переходу промислових споживачів до погодинного обліку електричної енергії на роздрібному ринку. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. №1. С. 88-97. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2021.242186>

10. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №312 від 14.03.2018 «Про затвердження правил роздрібного ринку електричної енергії».

11. Постанова НКРЕКП «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» № 311 від 14.03.2018.

12. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В. Визначення результатів аукціону з купівлі-продажу електричної енергії// Проблеми загальної енергетики. 2010. № 3. С. 5–12.

13. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В., Іванов Г.А. Імітаційна модель ринку електричної енергії «на добу наперед» з неявним урахуванням мережевих обмежень енергетичних систем. *Технічна електродинаміка*. 2019. № 5. С. 60–67.

14. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В., Іванов Г.А. Імітаційна модель ринку електричної енергії «на добу наперед» з неявним врахуванням мережевих обмежень енергетичних систем // *Технічна електродинаміка*. 2019. № 5. С 60-67.

15. Блінов І.В. Теоретичні та практичні засади функціонування конкурентного ринку електроенергії. К.: Наукова думка, 2015. 250 с.

16. 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2017.06.072>

17. Про затвердження Кодексу систем передачі: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 309.

18. Про затвердження Кодексу систем розподілу: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 310.

19. Черненко П., Сичова В. 2021. Удосконалення алгоритму визначення впливу температури повітря на сумарне електричне навантаження енергосистеми для підвищення точності короткострокового прогнозування//*Технічна електродинаміка*. 2021. №2, С. 77-83.

20. 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: [10.15407/publishing2019.54.005](https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005)
21. Hong T. Crystal Ball Lessons in Predictive Analytics. *EnergyBiz*, vol.12, issue 2, 2015, p.3 5-37
22. Mohammad Shahidehpour, Hatim Yamin, Zuyi Li. *Market Operations in Electric Power Systems. Forecasting, Scheduling, Risk Management*. Wiley-IEEE Press, 2002. – 552 p.
23. Блінов І.В., Парус Є.В., Шкарупило В.В. Структура та моделі інформаційної взаємодії учасників ринку електричної енергії. 2021. Вінниця. «Європейська наукова платформа». С. 114.
24. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В., Трач І.В. Оцінка ефективності використання систем накопичення електроенергії в електричних мережах // *Технічна електродинаміка*. 2021. № 4. С 44-54.
25. Кириленко О.В., Денисюк С.П. и др. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы. Под общ. ред. акад. НАН Украины А.В. Кириленко. К.: Ин-т электродинамики НАН Украины, 2014. 408 с
26. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. Ред. Акад. НАН України Кириленко О.В.. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
27. Blinov I., Trach I., Parus Y., Khomenko V., Kuchansky V., Shkarupylo V. Evaluation of The Efficiency of The Use of Electricity Storage Systems in The Balancing Group and The Small Distribution System. *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, 2021, pp. 262-265, doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569981.
28. Lin J., Magnago F. *Electricity Markets: Theories and Applications*// IEEE Press Series on Power. 2017. p.p. 352.
29. Momoh J., Mili L. *Economic Market Design and Planning for Electric Power Systems*// Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2009. p.p. 277.

ДОДАТОК А

Пошук інформації про результати функціонування сегментів ринку електричної енергії для виконання розрахунків

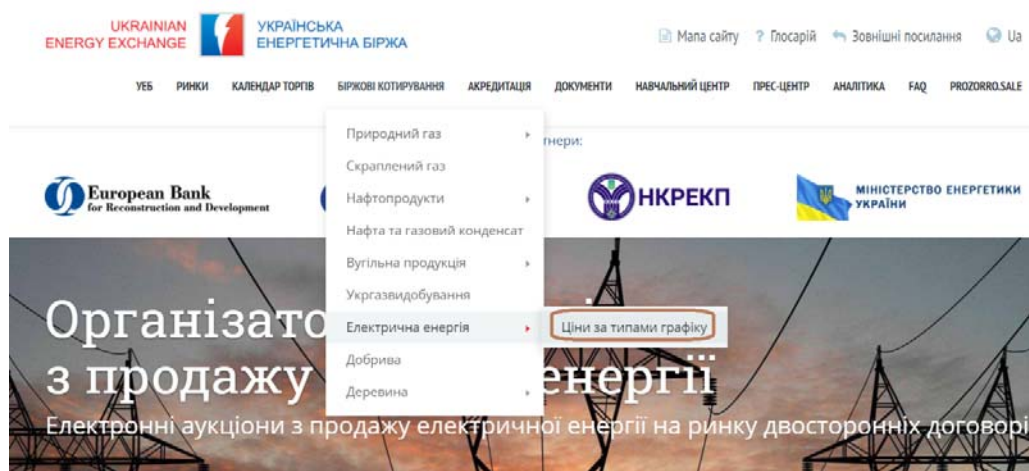
А.1. Ринок двосторонніх договорів

Для отримання необхідної інформації про двосторонні договори використовується сайт оператора біржі електричної енергії, наприклад ТБ «Українська енергетична біржа».

Посилання а сайт: <https://www.ueex.com.ua/>

Слід виконати наступні дії:

– обрати пункт загального меню сайту *«Біржові котирування»* – *«Електрична енергія»* – *«ціни за типами графіку»*



– у параметрах запиту визначити Торгову зону (ОЕС чи БЕО), тип графіка (обрати базове навантаження), період (обрати заданий місяць і рік) та натиснути на клавішу «Завантажити файл»;

Параметри запиту

Торгова зона: ОЕС України

Тип графіка: базове навантаження

Період: грудень 2020

Завантажити файл

– завантажений файл *.csv відкрити будь-якою програмою, що працює з файлами даного типу (наприклад, Microsoft Excel), де і вибрати значення середньозваженої ціни $C_{\text{УЕБ}}^{\text{с.зв.}}$ на задану добу постачання.

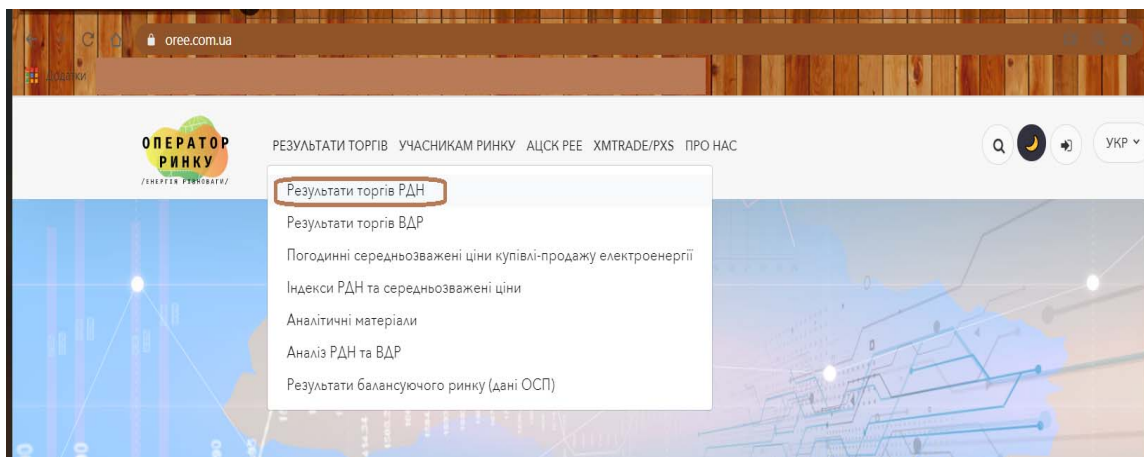
	A	B	C
1	Дата	С/з ціни	Сум.обсяг
2	01.12.2020	1 216,74	62976
3	02.12.2020	1 222,48	62976
4	03.12.2020	1 229,22	62976
5	04.12.2020	1 228,18	62976
6	05.12.2020	1 223,99	62976
7	06.12.2020	1 222,31	62976
8	07.12.2020	1 232,32	62976
9	08.12.2020	1 231,58	62976
10	09.12.2020	1 229,59	62976
11	10.12.2020	1 234,74	62976
12	11.12.2020	1 233,08	62976
13	12.12.2020	1 219,15	62976
14	13.12.2020	1 207,59	62976
15	14.12.2020	1 241,11	62976
16	15.12.2020	1 242,78	62976
17	16.12.2020	1 244,22	62976
18	17.12.2020	1 247,39	62976
19	18.12.2020	1 243,21	62976
20	19.12.2020	1 228,59	62976
21	20.12.2020	1 217,64	62976
22	21.12.2020	1 233,40	66240
23	22.12.2020	1 228,19	66240
24	23.12.2020	1 234,94	66240
25	24.12.2020	1 220,53	66240
26	25.12.2020	1 178,90	66240
27	26.12.2020	1 213,98	66240
28	27.12.2020	1 214,72	66240
29	28.12.2020	1 222,49	66240
30	29.12.2020	1 227,85	66240
31	30.12.2020	1 230,48	66240
	2020-12-base (1)		

Готово

А.2. Ринок «на добу наперед»

Статистична інформація про результати торгів на РДН оприлюднюється на офіційному сайті Оператора ринку: <https://www.oree.com.ua/>.

Для отримання необхідної в розрахунках інформації слід на головній сторінці вибрати пункт меню «Результати торгів» – «Результати торгів РДН»

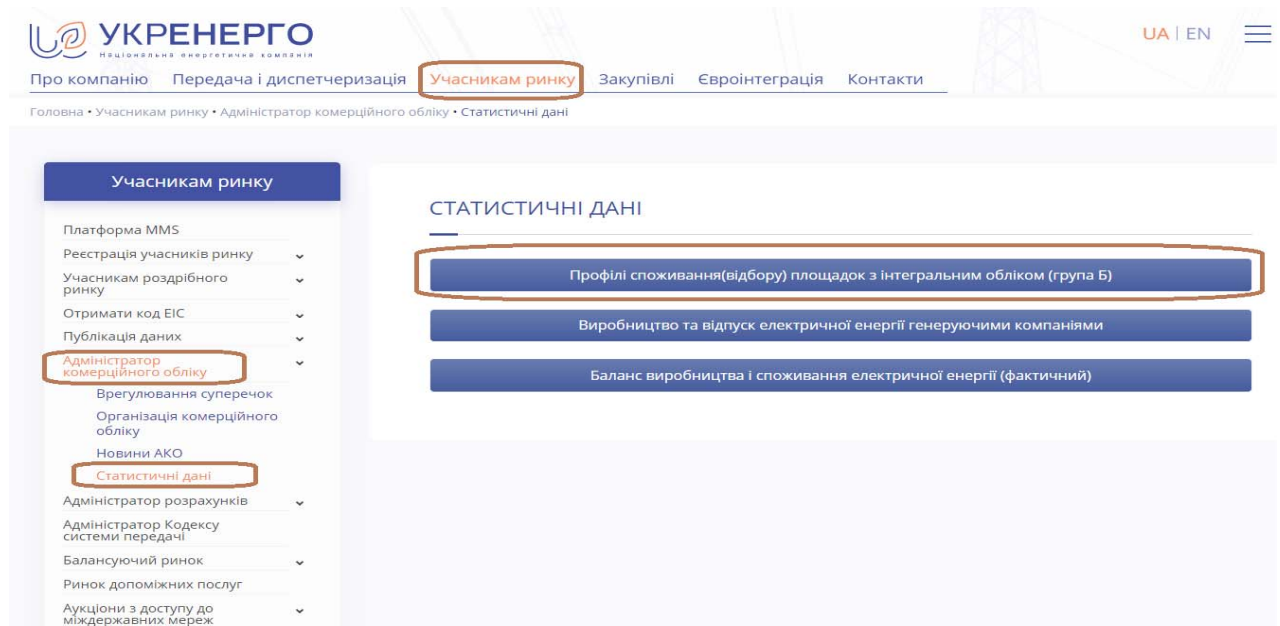


На сторінці результатів торгів слід вибрати дату реалізації, торгову зону та вкладинку «Погодинні результати на РДН». Для розрахунків необхідно записати на кожну годину доби $h = \{1..24\}$ граничну ціну $C_{\text{РДН}(h)}^{\text{гр.}}$ та обсяг торгів $V_{\text{РДН}(h)}^{\text{т.з.}}$.

Дата	Обсяг продажу, МВт·год	Обсяг купівлі, МВт·год	Замовлений обсяг продажу, МВт·год	Замовлений обсяг купівлі, МВт·год	Середньозважена ціна, грн/МВт·год	Торгова зона
18.12.2020	71776.7	71776.7	98434.0	85298.2	1775.83	ОЕС України
18.12.2020	13478.8	13478.8	13478.8	14658.2	1756.88	Буриштинський острів

Година	Ціна, грн/МВт·год	Обсяг продажу, МВт·год	Обсяг купівлі, МВт·год	Замовлений обсяг продажу, МВт·год	Замовлений обсяг купівлі, МВт·год
01:00	959.12	504.2	504.2	504.2	545.6
02:00	959.12	415.4	415.4	415.4	446.6
03:00	959.12	402.6	402.6	402.6	433.9
04:00	959.12	398.1	398.1	398.1	425.8
05:00	959.12	392.9	392.9	392.9	427.2
06:00	959.12	426.9	426.9	426.9	443.4

Для доступу до необхідної інформації слід на основній сторінці сайту вибрати Пункт меню «Учасникам ринку», а потім у лівій колонці меню вибрати опцію: «Адміністратор комерційного обліку» – «Статистичні дані». На цій сторінці сайту слід натиснути на клавішу «Профілі споживання (відбору) площадок з інтегральним обліком (група Б)»:



Далі слід у наведеному списку обрати файл *.xls зі статистикою на заданий розрахунковий день. Завантажений файл міститиме таблицю погодинних коефіцієнтів $K_{\text{ОСР}(h)}^{(Б)}$ профілів навантаження для українських ОСР.

А.3. Балансуючий ринок

Статистична інформація про ціни небалансів публікується на офіційному сайті Оператора системи передачі (НЕК «УКРЕНЕРГО»): <https://ua.energy/>.

Для отримання необхідної статистичної інформації слід у верхній строчці меню обрати пункт «Учасникам ринку», а потім у колонках меню зліва обрати пункти «Балансуючий ринок» – «Балансуючий ринок та врегулювання небалансів». Після цього слід розкрити вкладинку «Фактичні ціни небалансів» та обрати файл зі статистикою за потрібний період:

УКРЕНЕРГО
національна енергетична компанія

Про компанію | Передача і диспетчеризація | **Учасникам ринку** | Закупівлі | Євроінтеграція | Контакти

Головна • Учасникам ринку • Балансуючий ринок та врегулювання небалансів

Учасникам ринку

- Платформа MMS
- Реєстрація учасників ринку
- Учасникам роздрібного ринку
- Отримати код ЄІС
- Публікація даних
- Адміністратор комерційного обліку
- Адміністратор розрахунків
- Адміністратор Кодексу системи передачі
- Балансуючий ринок**
 - Нормативно-правова база балансууючого ринку
 - Балансуючий ринок та врегулювання небалансів**
- Ринок допоміжних послуг
- Аукціони з доступу до міждержавних мереж
- Виробникам з ВДЕ
- Нормативно-правова база
- Робочі групи з удосконалення нормативно-правової бази
- Документи
- Аналітика

БАЛАНСУЮЧИЙ РИНОК ТА ВРЕГУЛЮВАННЯ НЕБАЛАНСІВ

До уваги учасників балансууючого ринку!

Повідомляємо, що згідно ухвали № 640/17361/20 від 31.07.2020 Окружного адміністративного суду міста Києва **призупинено дію пункту 7 Постанови НКРЕКП від 08.04.2020 № 766** «Про дії учасників ринку електричної енергії у період дії карантину та обмежувальних заходів, що пов'язаних із поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19)». Таким чином, на аукціонах балансууючого ринку з періодом поставки на 04.08.2020 будуть діяти граничні ціни, розраховані згідно до вимог п. 10.11 Правил ринку.

Актуальні граничні ціни на БР публікуються на щоденній основі у вкладці **Граничні ціни балансууючого ринку**.

- + Відео-інструкція для учасників ринку щодо подання ставок з кроками за форматом EXCEL на аукціонах БР
- + Реєстр учасників Балансууючого ринку
- **Фактичні ціни небалансів**
 - Фактичні ціни небалансів за 01 – 20 січня 2021.xlsx
 - Фактичні ціни небалансів за грудень 2020.xlsx**
 - Фактичні ціни небалансів за листопад 2020.xlsx
 - Фактичні ціни небалансів за жовтень 2020.xlsx
 - Фактичні ціни небалансів за вересень 2020.xlsx

У завантаженому файлі для розрахунків використовуються вже обчислені Оператором системи передачі погодинні значення цін для позитивних та негативних небалансів:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Фактична ціна небалансу, IMSP (грн/МВт*год)	Ціна РДН, PDAM (грн/МВт*год)	Ціна платежу за позитивний небаланс (грн/МВт*год)	Ціна платежу за негативний небаланс (грн/МВт*год)	Фактична ціна небалансу, IMSP (грн/МВт*год)	Ціна РДН, PDAM (грн/МВт*год)	Ціна платежу за позитивний небаланс (грн/МВт*год)	Ціна платежу за негативний небаланс (грн/МВт*год)
2			ОЕС України				Бурштинський острів			
6	01.12.2020	02:00 - 03:00	539,00	980,00	512,05	1 029,00	527,52	959,12	501,14	1 007,08
7		03:00 - 04:00	538,45	979,00	511,53	1 027,95	527,52	959,12	501,14	1 007,08
8		04:00 - 05:00	538,45	979,00	511,53	1 027,95	527,52	959,12	501,14	1 007,08
9		05:00 - 06:00	533,50	970,00	506,83	1 018,50	527,52	959,12	501,14	1 007,08
10		06:00 - 07:00	591,25	1 075,00	561,69	1 128,75	527,52	959,12	501,14	1 007,08
11		07:00 - 08:00	714,45	1 299,00	678,73	1 363,95	995,52	1 810,02	945,74	1 900,52
12		08:00 - 09:00	949,32	1 620,00	901,85	1 701,00	995,52	1 810,02	945,74	1 900,52
13		09:00 - 10:00	2 355,30	1 690,00	1 605,50	2 473,07	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
14		10:00 - 11:00	2 355,46	1 770,00	1 681,50	2 473,23	2 048,23	2 048,23	1 945,82	2 150,64
15		11:00 - 12:00	2 355,46	1 724,00	1 637,80	2 473,23	2 048,23	2 048,23	1 945,82	2 150,64
16		12:00 - 13:00	2 355,46	1 689,00	1 604,55	2 473,23	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
17		13:00 - 14:00	2 355,46	1 726,00	1 639,70	2 473,23	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
18		14:00 - 15:00	2 355,39	1 625,00	1 543,75	2 473,16	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
19		15:00 - 16:00	1 181,21	1 500,00	1 122,15	1 575,00	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
20		16:00 - 17:00	1 443,75	1 590,00	1 371,56	1 669,50	995,52	1 810,02	945,74	1 900,52
21		17:00 - 18:00	2 355,46	1 600,00	1 520,00	2 473,23	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
22		18:00 - 19:00	938,30	1 706,00	891,39	1 791,30	995,52	1 810,02	945,74	1 900,52
23		19:00 - 20:00	922,35	1 677,00	876,23	1 760,85	995,52	1 810,02	945,74	1 900,52
24		20:00 - 21:00	891,00	1 620,00	846,45	1 701,00	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
25		21:00 - 22:00	737,01	1 340,00	700,16	1 407,00	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
26		22:00 - 23:00	859,65	1 563,00	816,67	1 641,15	1 126,53	2 048,23	1 070,20	2 150,64
27		23:00 - 00:00	621,50	1 130,00	590,43	1 186,50	1 102,98	959,12	911,16	1 158,13
28	02.12.2020	00:00 - 01:00	594,00	1 080,00	564,30	1 134,00	527,52	959,12	501,14	1 007,08
29		01:00 - 02:00	594,00	1 080,00	564,30	1 134,00	959,12	959,12	911,16	1 007,08
30		02:00 - 03:00	594,06	1 080,00	564,36	1 134,00	959,12	959,12	911,16	1 007,08
31		03:00 - 04:00	533,50	970,00	506,83	1 018,50	959,12	959,12	911,16	1 007,08
32		04:00 - 05:00	533,50	970,00	506,83	1 018,50	959,12	959,12	911,16	1 007,08
33		05:00 - 06:00	594,00	1 080,00	564,30	1 134,00	959,12	959,12	911,16	1 007,08
34		06:00 - 07:00	1 035,96	1 100,00	984,16	1 155,00	959,12	959,12	911,16	1 007,08
35		07:00 - 08:00	1 942,87	1 590,00	1 510,50	2 040,01	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
36		08:00 - 09:00	2 355,46	1 703,00	1 617,85	2 473,23	2 355,46	1 810,02	1 719,52	2 473,23
37		09:00 - 10:00	2 355,46	1 730,00	1 643,50	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
38		10:00 - 11:00	2 355,46	1 768,00	1 679,60	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
39		11:00 - 12:00	2 355,46	1 772,00	1 683,40	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
40		12:00 - 13:00	2 355,46	1 645,00	1 562,75	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
41		13:00 - 14:00	2 355,46	1 674,22	1 590,51	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52
42		14:00 - 15:00	2 355,46	1 710,00	1 624,50	2 473,23	1 810,02	1 810,02	1 719,52	1 900,52

Аркуш1

(+)

ДОДАТОК Б

Варіанти завдання до розрахункової роботи

Таблиця Б.1. – Варіанти графіку споживання підприємства

		Погодинний графік споживання електричної енергії за добу у грудні, кВт																		
Підприємство (промисловість)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Вугільна	330,86	324,40	322,16	341,03	340,10	338,36	332,16	322,28	300,70	281,47	298,07	300,15	316,98	315,70	339,42	349,69	346,84	344,17	339,46
2	Азотна	262,05	263,12	255,19	255,10	255,39	255,57	255,92	257,21	263,44	263,27	265,56	268,36	263,58	265,84	263,93	264,81	265,52	255,97	251,60
3	Цементна	241,15	239,37	236,62	242,87	233,09	242,72	197,32	194,87	127,54	143,71	208,40	202,18	190,63	203,81	202,51	194,87	212,16	140,51	128,57
4	Харчова	211,79	209,26	208,10	202,37	195,40	199,76	193,31	190,47	207,20	222,05	226,42	217,65	224,92	218,17	227,16	227,98	230,75	224,99	219,10
5	Кольорова металургія	378,66	377,77	373,69	359,24	366,46	371,66	371,94	361,56	357,73	357,55	389,62	391,92	386,62	365,38	381,37	383,93	376,56	369,18	328,23
6	Важкого, енергетичного та транспортного машинобудування	253,17	241,61	203,10	199,05	203,55	183,68	156,44	183,10	236,87	307,20	229,80	203,96	212,59	214,74	231,41	210,95	178,37	229,68	174,57
7	Лісова, деревообробна та целюлозно-паперова	136,89	135,66	135,46	136,33	133,89	133,90	133,64	153,98	192,88	227,73	207,46	199,94	180,85	200,95	200,95	192,29	181,95	173,46	167,61
8	Верстатобудівного та інструментального машинобудування	59,71	62,15	54,61	61,65	62,33	61,07	51,34	86,64	112,69	174,64	126,17	99,21	81,46	72,86	74,05	69,77	64,84	77,84	75,18
9	Міський електричний транспорт	65,13	58,82	58,98	60,56	77,95	125,49	168,30	194,41	197,96	180,00	165,56	158,07	159,78	158,07	162,76	173,66	178,14	167,50	155,60
10	Легка промисловість	133,74	130,90	130,27	125,34	117,10	131,73	151,84	169,66	263,15	209,48	210,43	229,95	223,09	200,93	239,41	197,30	214,77	169,74	147,42
11	Вугільна	294,47	288,72	286,72	303,52	302,69	301,14	295,62	286,83	267,62	250,51	265,29	267,14	282,11	280,97	302,08	311,23	308,69	306,31	302,12
12	Азотна	269,91	271,01	262,85	262,76	263,05	263,23	263,60	264,93	271,34	271,17	273,53	276,41	271,49	273,82	271,85	272,75	273,40	263,64	259,15
13	Цементна	251,52	249,66	246,79	253,31	243,11	253,16	205,81	203,25	133,03	149,89	217,36	210,87	198,83	212,57	211,22	203,25	221,28	146,56	134,10
14	Харчова	186,38	184,15	183,13	178,09	171,95	175,78	170,12	167,62	182,33	195,41	199,25	191,53	197,93	191,99	199,90	200,62	203,06	197,99	192,81
15	Кольорова металургія	424,10	423,10	418,53	402,35	410,44	416,26	416,57	404,94	400,66	400,46	436,37	438,95	433,01	409,22	427,13	430,01	421,74	413,48	367,62
16	Важкого, енергетичного та транспортного машинобудування	261,27	249,34	209,60	205,42	210,06	189,55	161,44	188,96	244,45	317,03	237,16	210,49	219,39	221,61	238,81	217,70	184,08	237,03	180,16
17	Лісова, деревообробна та целюлозно-паперова промисловість	141,81	140,54	140,34	141,24	138,71	138,72	138,45	159,52	199,82	235,93	214,93	207,14	187,36	208,19	208,19	199,21	188,50	179,71	173,64
18	Верстатобудівного та інструментального машинобудування	80,02	83,29	73,18	82,61	83,52	81,84	68,80	116,10	151,00	234,02	169,06	132,95	109,16	97,64	99,22	93,49	86,89	104,31	100,74
19	Міський електричний транспорт	72,95	65,88	66,06	67,83	87,30	140,55	188,50	217,74	221,71	201,60	185,42	177,04	178,95	177,71	182,29	194,50	199,52	187,60	174,27
20	Легка промисловість	137,35	134,44	133,79	128,73	120,26	135,29	155,94	174,24	270,25	215,14	216,11	236,16	229,11	206,35	245,87	202,63	220,57	174,32	151,40

Дата для виконання розрахунків та область України для якої обирається оператор системи розподілу надаються викладачем.