

# КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ТА ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ РИНКІВ ТЕПЛОЕНЕРГІЇ

©2024 КИЗИМ М. О., ХАУСТОВА В. Є., КОТЛЯРОВ Є. І., САЛАШЕНКО Т. І.

УДК 339.658  
JEL: L13; Q41; Q43

## Кизим М. О., Хаустова В. Є., Котляров Є. І., Салашенко Т. І. Концептуальні аспекти та принципи формування конкурентних ринків теплоенергії

Теплова енергія повинна розглядатися як товар, який має свій конкурентний ринок, де встановлюється рівновага у площині «попит – пропозиція», тому потрібно розділити комерційні (виробництво та постачання) та некомерційні (передачу та розподіл) функції теплозабезпечення, забезпечивши розвиток справедливої конкуренції між виробниками теплової енергії та мінімізацію її витрат для споживачів. Розвинути конкуренцію на ринках теплової енергії пропонується за моделлю єдиного покупця. Управлятиме таким ринком незалежний системний оператор. У його складі виділяється оператор ринку – єдиний покупець, який керує торговельною платформою, а також виконує функції адміністратора розрахунків між виробниками та споживачами, і оператор системи транспортування, який відповідає за передачу, розподіл і диспетчеризацію тепломереж. Особливістю ринків теплоенергії є неможливість відокремлення оптового та роздрібного рівнів, тому потреби у виділенні функції постачання не виникає. Концептуальні положення формування конкурентних ринків теплової енергії спираються на: 1) зональне розмежування із потоковими ринковими зв'язками; 2) централізовану диспетчеризацію; 3) уособлення ринкової інфраструктури незалежним системним оператором; 4) організовану позабіржову торгівлю у формі цінового діалогу для малих населених пунктів без магістральних мереж і біржову торгівлю у формі теплових аукціонів для середніх і великих населених пунктів із магістральними мережами; 5) строковий (річний), спотовий (місячний) і балансувальний сегменти ринку; 6) єдине недискримінаційне ціноутворення для споживачів і заявлене ціноутворення на засадах бенчмаркінгу для виробників; 7) річні контракти базового навантаження, місячні контракти пікового навантаження та балансувальні часові контракти. Принципами формування конкурентних ринків теплової енергії є: прозорість, відкритість, економічна ефективність, справедливий доступ, змагальність виробників, добросовісність конкуренції, ціновий компроміс, збалансованість і надійність, декарбонізація. Очікуваними результатами відкриття конкуренції на ринках теплової енергії вбачаються: прозорість транзакцій купівлі-продажу теплоенергії; мінімізація цін купівлі теплоенергії споживачами; оптимізація завантаження теплогенерувальних потужностей теплоенергетичної системи; сприяння розбудові високоефективної та низьковуглецевої централізованої теплогенерації. Останнє особливо важливо з позиції відновлення енергетичної системи України після російської агресії, оскільки пріоритет має віддаватися незалежним виробникам теплової енергії, які використовують відновлювані джерела енергії, мають надлишкову або скидну теплову енергію.

**Ключові слова:** конкурентні ринки теплоенергетики, модель єдиного покупця, централізована диспетчеризація, незалежний системний оператор, незалежні виробники, ціновий діалог, тепловий аукціон, заявлене ціноутворення, регульований доступ.

**Рис.:** 4. **Бібл.:** 27.

**Кизим Микола Олександрович** – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, головний науковий співробітник Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [m.kyzym@gmail.com](mailto:m.kyzym@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216130870>

**Хаустова Вікторія Євгенівна** – доктор економічних наук, професор, директор Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [v.khaust@gmail.com](mailto:v.khaust@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216123094>

**Котляров Євген Іванович** – кандидат економічних наук, доцент, завідувач сектора енергетичної безпеки та енергозбереження відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [ekotlarov@i.ua](mailto:ekotlarov@i.ua)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701345149>

**Салашенко Тетяна Ігорівна** – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [tisandch@gmail.com](mailto:tisandch@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1822-5836>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3701-2017>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57340287400>

**Kyzym M. O., Khaustova V. Ye., Kotliarov Ye. I., Salashenko T. I. Conceptual Aspects and Principles of Formation of Competitive Heat Energy Markets**

Thermal energy should be considered as a commodity that has its own competitive market, where equilibrium is established in the plane of «supply and demand», so it is necessary to separate commercial (production and supply) and non-commercial (transmission and distribution) functions of heat supply, ensuring the development of fair competition between producers of heat energy and minimization of its costs for consumers. It is proposed to develop competition in the heat energy markets according to the single buyer model. Such a market will be managed by an independent system operator. It consists of a market operator – a single buyer who manages the trading platform, as well as performs the functions of an administrator of settlements between producers and consumers, and a transmission system operator who is responsible for the transmission, distribution and dispatching of heating networks. The peculiarity of heat energy markets is the impossibility of separating the wholesale and retail levels, so there is no need to allocate the supply function. Conceptual provisions for the formation of competitive heat energy markets are based on: 1) zonal delimitation with flow market relations; 2) centralized dispatching; 3) the embodiment of the market infrastructure by an independent system operator; 4) organized over-the-counter trading in the form of a price dialogue for small settlements without backbone networks and exchange trading in the form of heat auctions for medium and large settlements with backbone networks; 5) derivatives (annual), spot (monthly), and balancing segments of the market; 6) the uniform non-discriminatory pricing for consumers and declared pricing on the basis of benchmarking for producers; 7) annual baseload contracts, monthly peak load contracts, and balancing time contracts. The principles of formation of competitive heat energy markets are: transparency, openness, economic efficiency, fair access, competitiveness of producers, fair competition, price compromise, balance and reliability, decarbonization. The expected results of the opening of competition in the heat energy markets are: transparency of heat purchase and sale transactions; minimization of heat purchase prices by consumers; optimization of the utilization of heat-generating capacities of the heat and power system; promoting the development of highly efficient and low-carbon district heating. The latter is especially important from the point of view of restoring Ukraine's energy system after Russian aggression, as priority should be given to independent heat producers who use renewable energy sources, have excess or waste thermal energy.

**Keywords:** competitive heat energy markets, single buyer model, centralized dispatching, independent system operator, independent producers, price dialogue, heat auction, declared pricing, regulated access.

**Fig.:** 4. **Bibl.:** 27.

**Kyzym Mykola O.** – D. Sc. (Economics), Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Chief Research Scientist of the Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** m.kyzym@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216130870>

**Khaustova Viktoriia Ye.** – D. Sc. (Economics), Professor, Director of the Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** v.khaust@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216123094>

**Kotliarov Yevhen I.** – PhD (Economics), Associate Professor, Head of the Sector of Energy Security and Energy Efficiency of Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** ekotlarov@i.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701345149>

**Salashenko Tetiana I.** – PhD (Economics), Senior Research Fellow of the Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** tisandch@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1822-5836>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3701-2017>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57340287400>

---

Теплова енергія, як і електроенергія, газ та інші види енергетичних носіїв, може та повинна розглядатися як товар, який має свій галузевий ринок, на якому встановлюються рівновага у площині «попит – пропозиція». Подібно до інших енергетичних товарів доцільно розділити комерційні та некомерційні (природно монопольні) функції теплозабезпечення та окреслити термінологічні особливості, які притаманні цьому товару та його галузевому ринку. Все це дозволить встановити принципи формування конкурентних ринків теплоенергії.

У сучасних наукових дослідженнях ринкам теплової енергії приділяється незначна увага, оскільки ринкові відносини на них не мають міжнародного масштабу. Розбудова ринків теплової енергії розглядається через призму підвищення ефективності централізованих систем теплозабезпечення [1–5], координації суміжної роботи із ринком електроенергії [6; 7], інтеграції відновлювальних джерел енергії [8; 12] та надлишкового і скидного тепла [9–11]. Проте більшість досліджень розглядають локально-прикладні аспекти розвитку ефективного теплозабезпечення, тоді як теоре-

тико-концептуальні аспекти їх формування залишаються багатогранними та чітко невизначеними.

Метою статті є теоретичне обґрунтування концептуальних аспектів формування ринку теплової енергії за атрибутивними елементами із визначенням ключових принципів їх функціонування.

Згідно з теорією галузевих ринків, як стверджують представники її гарвардської школи (Е. Мейсон [13], Дж. Бейн [14]), виділяють три типи границь: продуктові, географічні та часові. Визначення цих границь для ринку теплоенергії формує особливості побудови його конкурентної моделі.

Продуктові границі ринків теплової енергії мають тристоронню специфіку:

- а) *споживчу* – теплоенергія представляє бі-продукт, який задовольняє дві споживчі потреби – в опаленні приміщень та гарячому водопостачанні;
- б) *технологічну* – забезпечення теплоенергією означає забезпечення теплом через його носія (воду, повітря, на відміну від ринків електроенергії та газу, де окремі носії енергії відсутні), тому ринок води є комплементарним до ринку теплоенергії, але не навпаки;
- в) *ринкову* – задоволення потреб в тепловій енергії може відбуватися в різний спосіб, централізовано або індивідуально через інші енергетичні товари, основними з яких є газ та електроенергія, тому ринки газу та електроенергії повинні розглядатися як субститутивні до ринку теплоенергії, але не навпаки.

Специфіка географічних границь ринків теплової енергії визначається тим, що теплоенергія втрачає свої споживчі властивості при транспортуванні на великі відстані (теплогзберезувальні носії, які здатні зберігати ці властивості, комерційно не популяризовані), тому межі ринків теплоенергії окреслюються наявною системою міських (рідше міжміських) теплових мереж. З цієї точки зору всі ринки теплоенергії є локальними (обмеженими територією окремого населеного пункту / суміжних населених пунктів або їх частин), а інтеграція ринків теплоенергії є складним інвестиційним завданням.

Часові границі враховують бі-продуктовий характер ринку теплоенергії, оскільки попит на теплоенергію суттєво відрізняється: для опалення – в межах холодної пори року (опалювальний період), для гарячого водозабезпечення – цілорічно. Відповідно, змінюється структура пропозиції серед виробників та витрат на виробництво теплоенергії.

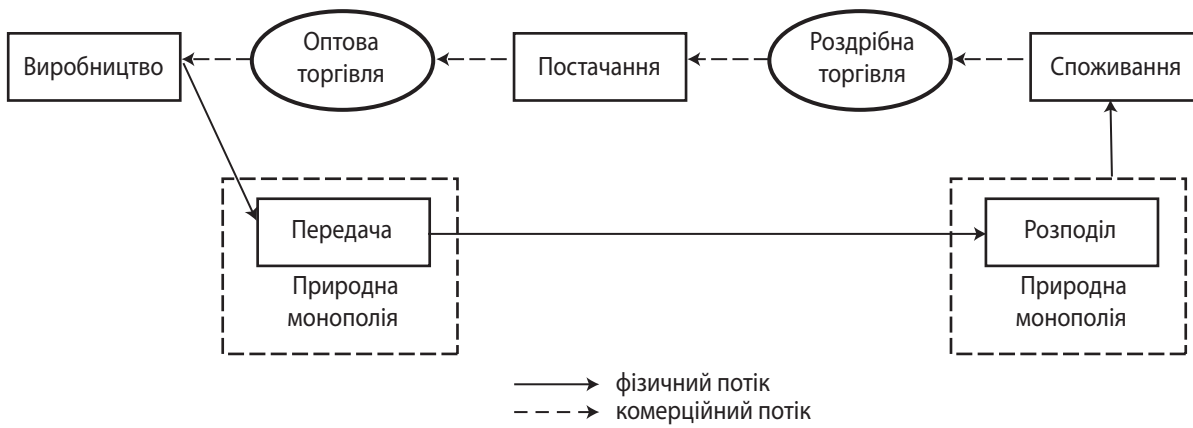
Іншим важливим питанням формування ринку теплоенергії є анбандлінг його функцій. Тради-

ційно на енергетичних ринках виділяються чотири функції: комерційні (виробництво та постачання) та некомерційні (передача та розподіл), від ступеня розмежування яких відбувається формування тієї чи іншої його конкурентної моделі (рис. 1). Проте хоча комерційні та некомерційні функції повинні бути розмежовані, різні комерційні чи некомерційні функції можуть бути поєднаними: виробники можуть виконувати функції постачальників, а передача та розподіл можуть бути інтегровані в єдину мережу. Означене вважається принципово важливим для локальних та ізольованих ринків теплоенергії. Зважаючи на те що, всі ринки теплоенергії в Україні та більшість їх у інших містах світу представляють вертикально-інтегровані енергетичні монополії (рідше олігополії), то першим етапом відкриття конкуренції є перехід до моделі єдиного покупця, де функції передачі та розподілу будуть об'єднані, а єдиний покупець виконуватиме також функції адміністратора розрахунків між виробниками та споживачами теплоенергії (рис. 2).

Керує ринком теплової енергії в моделі єдиного покупця незалежний системний оператор. У його складі виділяється оператор ринку – єдиний покупець (фінансовий анбандлінг), який керує торговельною платформою, а також виконує функції адміністратора розрахунків між виробниками та споживачами. Тоді інший підрозділ, такий як оператор системи транспортування, відповідає за передачу, розподіл і диспетчеризацію тепломереж, подаючи єдиному покупцю прогностичні та фактичні графіки тепловантаження. Таким чином, де-юре комерційні та фізичні потоки теплоенергії розмежовуються, але де-факто залишаються збалансованими. Незалежний системний оператор підписує з виробниками договір про приєднання до тепломереж на регульованих умовах, а зі споживачами – договір про абонентське обслуговування та надання послуг із транспортування теплової енергії.

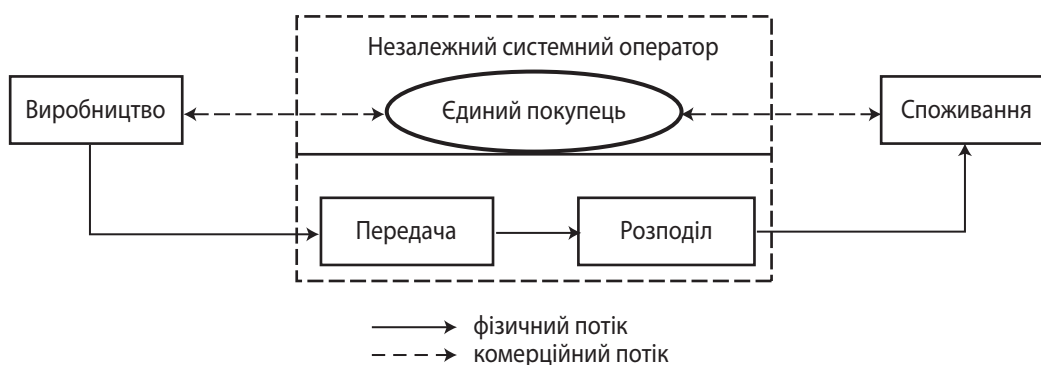
Особливістю ринку теплоенергії, порівняно із ринками газу та електроенергії, є неможливість відокремлення оптового та роздрібного рівнів, тому потреби у виділенні функції постачання не виникає, і споживачі опосередковано через незалежного системного оператора можуть взаємодіяти із виробниками.

У світовій практиці виділяються два основні підходи до формування конкурентних енергетичних ринків [16]: централізований і децентралізований, які передбачають різне узгодження фізичних і комерційних потоків енергії. Основною перевагою децентралізованого підходу є відсутність втручання в ринкове ціноутворення, тоді як недоліком – дисбалансованість системи до фактичного моменту



**Рис. 1. Принципова модель організації енергетичних ринків**

Джерело: складено на основі [15].



**Рис. 2. Модель єдиного покупця на ринку теплової енергії**

Джерело: авторська розробка.

енергопостачання. Тоді як для централізованого – навпаки: система є максимально збалансованою до та під час фактичного енергопостачання, але відбувається технічне втручання в ринкове ціноутворення. Враховуючи вимоги забезпечення балансової надійності тепломереж і забезпечення належної якості теплоенергії, будувати конкурентні ринки теплоенергії пропонується за централізованою моделлю.

**П**роцес формування моделі конкурентного енергетичного ринку повинен спиратися на сім атрибутивних детермінант, які взаємопов'язують фізичні та комерційні потоки енергії та включають [17]: спосіб диспетчеризації енергосистеми, її географічне розмежування, тип ринкової інфраструктури, форми торгівлі, часову сегментацію ринку, методи ціноутворення та продуктову диверсифікацію. Здебільшого ці детермінанти стосуються глобальних і регіональних енергетичних ринків, але й на локальних ринках теплоенергії також необхідна рефлексія формуван-

ня атрибутивних детермінант, хоча можливості їх розбудови значно обмежені.

1. *Необхідність забезпечення вільних перетоків у системі обумовлює потребу її географічного розмежування.* Наразі існують три типи географічного розмежування енергетичних ринків [18]: а) подальше розмежування, яке застосовується у випадку дефіциту пропускних потужностей мереж; б) зональне розмежування, що передбачає необмежені енергетичні перетоки в енергомережі; в) зональне розмежування із потоковими ринковими зв'язками, що передбачає визначення критичних ліній.

Вибір підходу до географічного розмежування ринків теплоенергії залежить від розміру населеного пункту:

- ✦ для невеликих населених пунктів, які обслуговуються декількома котельнями, але без магістральних тепломереж, можна застосувати зональне розмежування, оскільки фізичні потоки теплоенергії спрощені, та диспетчерське управління відбувається всією мережею одночасно;

- ✦ для великого населеного пункту із магістральними тепломережами виникає потреба в запровадженні зонального розмежування із потоковими ринковими зв'язками, коли теплообмінні пункти виступають критичними зв'язками. У такому разі локальний ринок теплоенергії підрозділяється на субзони, в кожній з яких запроваджується власна система диспетчеризації, які інтегруються в єдину централізовану тепломережу. Для кожної з таких субзон визначається власна оптимізаційна функція цін виробників з урахуванням технічних можливостей перетоків теплоенергії, споживачам же встановлюється уніфікована середньозважена ціна теплоенергії з урахування результату ціноутворення в кожній субзоні.

2. *Залежно від типу географічної демаркації обирається й спосіб диспетчеризації енергосистеми:* централізована диспетчеризація, за якої учасники ринку подають заявки, а оператор системи акцептує згідно з прогнозованим навантаженням і фізичними можливостями енергосистеми; та самодиспетчеризація, де заявки приймаються та акцептуються виключно з комерційної позиції, не враховуючи фізичні можливості системи [19]. Для ринків теплової енергії об'єктивно обумовленим є запровадження централізованої системи диспетчеризації для забезпечення балансової надійності тепломереж і належної якості теплоенергії.

3. *Створення конкурентного енергетичного ринку передбачає запровадження певних правил його функціонування,* за дотриманням яких стежать певні учасники, які формально перебувають над відносинами купівлі-продажу енергії, створюючи ринкову інфраструктуру, необхідну для його нормального функціонування. До таких учасників належать [20]: а) оператор ринку, який керує торговими платформами, отримує та акцептує заявки купівлі-продажу, проводить транзакції та їх кліринг; б) оператор системи, який здійснює диспетчеризацію системи для збалансування попиту та пропозиції в режимі реального часу; в) оператор передачі / розподілу, який володіє енергомережами, проводить їх планування, будівництво та обслуговування. На окремих енергетичних ринках функції трьох операторів можуть бути поєднані, але в міру розвитку конкуренції та прогресивності енергосистеми відбувається їх розмежування.

Для ринків теплоенергії пропонується об'єднати фізичні функції диспетчеризації, передачі та розподілу теплоенергії та комерційні функції оператора ринку під єдиним керівництвом незалежного системного оператора. Означене дозволить забезпечити незалежність ціноутворення та

неупередженість розрахунків за вироблену та спожиту теплоенергію.

4. *Особливе місце у формуванні енергетичного ринку відводиться формам торгівлі,* якими можуть виступати [21]: а) неорганізована позабіржова торгівля, де виробники та споживачі (або постачальники) укладають прямі договори та самостійно визначають обсяги купівлі-продажу та ціну; б) організована позабіржова торгівля є похідною формою від першої, основною відмінністю якої є відкриття інформації (реєстрація на торговій платформі) обсягів та цін купівлі-продажу; в) біржова торгівля, де учасники можуть залишити свої заявки попиту та пропозиції із зазначенням обсягів та цін, а відбір заявок відбувається автоматично на основі аукціонного підходу.

**В**ідсутність прямої взаємодії виробників і споживачів на ринку теплоенергії обумовлює відхилення першої, неорганізованої, форми торгівлі. Вибір з інших двох форм торгівлі на ринку теплової енергії залежить від кількості виробників на конкретному локальному ринку теплоенергії:

- ✦ для невеликих населених пунктів, які обслуговуються однією чи декількома локальними котельнями, доцільно запровадити організовану позабіржову торгівлю на основі відкритої онлайн-платформи цінового діалогу між виробником і споживачами теплоенергії (досвід Швеції [22]). Учасниками платформи з боку споживачів можуть виступати міські органи влади, громадські організації, публічні установи та об'єднання співвласників багатоквартирного будинку. Завданням платформи є досягнення цінового компромісу щодо вартості теплоенергії на засадах бенчмаркінгу;

- ✦ для населених пунктів, які обслуговуються декількома котельнями, об'єднаними магістральними тепломережами в єдину систему, незалежно від форми їх власності, доцільно запровадити організовану біржову торгівлю у формі аукціонів на теплоенергію, де виробники подають свої заявки для кожної години прогнозного теплового навантаження (досвід Литви). Такі теплові аукціони є односторонніми, тобто активні тільки з боку виробників теплоенергії, де незалежний системний оператор визначає оптимальний графік завантаження теплоенергуючих одиниць з урахуванням критерію мінімізації ціни та з урахуванням технічних обмежень тепломереж [22–24].

5. *Необхідність збалансування попиту та пропозиції в режимі реального часу* обумовлюють

визначення часових сегментів енергетичних ринків, які послідовно змінюють один одного, переслідуючи різні цілі функціонування, серед яких: строковий, спотовий, балансуєчий [25].

**О**скільки ринки теплової енергії: а) мають висококонцентровану кон'юнктуру та б) сезонний попит, який визначається за температурними умовами зовнішнього середовища, то доцільно запропонувати поділ ринків теплоенергії на такі часові сегменти:

- ✦ строковий (річний), на якому контрактуються базові обсяги теплоенергії для опалюваного та неопалювального періодів;
- ✦ спотовий (місячний), на якому контрактуються додаткові (пікові) обсяги теплоенергії, залежно від зовнішніх температурних умов;
- ✦ балансуєчий, на якому відбувається перерахунок спожитої теплоенергії відповідно до фактичних обсягів для кожної доби теплого навантаження.

6. *Метою відкриття конкуренції на енергетичних ринках є встановлення справедливих цін, вільних від державного регулювання, що можливо виключно за ринкових методів ціноутворення, які визначають порядок включення одиниць в роботу. Наразі існують три такі методи ціноутворення [26]: а) контрактні ціни, що встановлюються на основі прямих домовленостей між сторонами; б) маржинальні ціни, коли встановлюється єдина оптова ринкова ціна, яка дорівнює ранжованій ціні останньої заявки-попиту, яка буде брати участь у покритті навантаження; в) заявлені ціни, де акцептуються заявки за різними цінами купівлі-продажу виходячи з критерію «мінімізації ціни для покупця vs максимізація цін для продавця».*

Для малого та невеликого населеного пунктів, які обслуговуються однією чи декількома локальними котельнями, єдино можливим варіантом ринкового ціноутворення є встановлення контрактних цін на основі цінового діалогу. Однак виникають два проблемні питання: 1) забезпечення економічної ґрунтовності ціноутворення та недискримінації споживачів теплоенергії; 2) коригування цін теплоенергії в міру наближення до фактичного моменту тепlopостачання.

Вирішення першого питання можливо шляхом впровадження методичного підходу щодо проведення бенчмаркінгу витрат на виробництво теплоенергії. Поєднання принципів бенчмаркінгу («конкуренція через порівняння») та цінового діалогу дозволить сформулювати економічні обґрунтовані та прозорі тарифи для споживачів теплоенергії. Таким чином, встановлюється планова ціна 1 Гкал теплової енергії, за якою контрактуються обсяги теплогенерації на річному часовому сегменті.

Для коригування планової ціни теплоенергії на спотовому (місячному) сегменті виробник-монополіст може подати заявку щодо ініціювання додаткового цінового діалогу у випадку позитивного відхилення за попередній місяць цін палива для виробництва теплоенергії більш ніж на X% від тих, за якими контрактувалися обсяги генерації на річному аукціоні. Але ж так само і споживачі можуть виступати ініціаторами додаткового цінового діалогу у випадку негативного відхилення цін палива для виробництва теплової енергії. У такому випадку доцільно підписати додаткову угоду із встановленням ціни теплоенергії до основної угоди, підписаної за результатами основного (річного) цінового діалогу. Нова ціна встановлюється на весь подальший період підписання основного договору.

Для ринків теплоенергії в населених пунктах, які обслуговуються декількома котельнями, об'єднаних єдиною магістральною тепломережею, існує вибір між двома альтернативними методами ціноутворення – маржинальним і заявленим. Найбільш прогресивним на енергетичних ринках вважається маржинальний метод ціноутворення, який дозволяє визначити єдину справедливу та недискримінаційну ціну, за якої всім виробникам буде вигідно продавати енергію. Але застосування цього методу призводить до завищення вартості енергії для споживачів. Тому для ринків теплоенергії пропонується запровадити заявлений метод ціноутворення, який реалізується в такому:

- 1) виробники теплової енергії подають незалежному системному оператору власні заявки-пропозиції, за якими вони згодні продавати теплоенергію споживачам;
- 2) незалежний системний оператор, враховуючи технічні обмеження тепломереж, вираховує оптимізаційну функцію, за якою контрактуються оптимальні обсяги теплогенерації за заявленими виробниками цінами;
- 3) для споживачів локального ринку теплоенергії встановлюється єдина середньозважена ціна;
- 4) акумульовані кошти розподіляються між виробниками за контрактованою договірною вартістю.

**Т**аким чином, встановлюється єдина недискримінаційна ціна теплоенергії для всіх споживачів, а виробники отримують оплату згідно із заявленими цінами. Проте всі локальні ринки теплоенергії є висококонцентрованими, тому виникає питання недопущення цінових маніпуляцій. Означене питання на локальних ринках теплоенергії, де застосовується аукціонні форми торгівлі, можна також вирішити шляхом:

- 1) впровадження методичного підходу щодо проведення бенчмаркінгу витрат на виробництво теплоенергії, який дозволить встановлювати граничні обмеження (так звані прайс-кепи): верхні – на рівні повних витрат на виробництво теплоенергії; нижні – на рівні умовно-постійних витрат на підтримку теплогенеруючих потужностей в «гарячому» стані;
- 2) розукрупнення пропозицій продавців за обсягами: а) за номінальною потужністю теплогенеруючих установок; б) за режимами теплогенерації.

7. *Теплова енергія є стандартизованим товаром*, який має встановлені параметри якості, відхилення від яких означає погіршення теплозабезпечення споживачів. Тому диференціація теплової енергії можлива тільки за ціною та періодом поставки за цією ціною. Типовою є класифікація ринкових продуктів на енергетичних ринках: одиночні (за окремими часовими інтервалами) та блочні (об'єднують послідовні часові інтервали) [27]. Тому для локальних ринків теплоенергії пропонується така класифікація ринкових контрактів:

- 1) базові контракти, які покриватимуть мінімально необхідні (базові) потреби в теплової генерації;
- 2) пікові добові контракти, які визначають необхідні потреби в теплоенергії залежно від температурних умов;
- 3) балансуєчі часові контракти, які покривають небаланси в генерації в певні години доби.

Отже, рефлексія вищезазначених атрибутивних детермінант дозволяє запропонувати таку модель формування ринків теплоенергії (рис. 3).

Теоретичне обґрунтування атрибутивних елементів товарного ринку теплоенергії потребує визначення мети, завдань, принципів, а також цільових орієнтирів його формування (рис. 4).

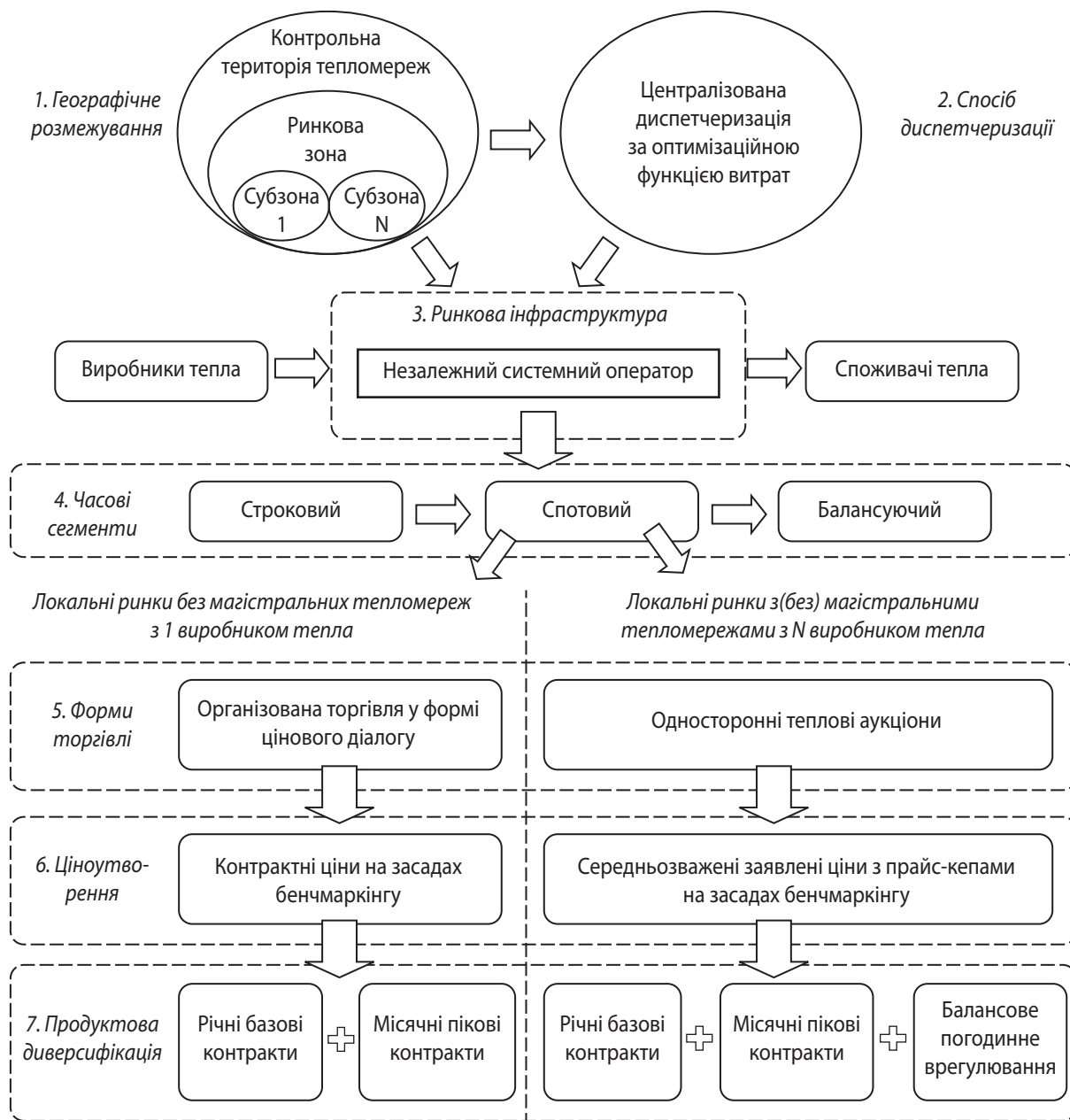
Мета ототожнюється з кінцевим результатом, на досягнення якого спрямовані дії. Враховуючи критерії цілепокладання, мета товарного ринку теплоенергії може бути сформульована як створення системи ринкової торгівлі теплоенергією між її виробниками та споживачами, враховуючи національні та локальні інтереси, а також вимоги захисту довкілля при дотриманні балансу теплоенергетичної системи. Нерозривно із метою створення товарного ринку теплоенергії пов'язані очікувані результати його формування.

Принципи функціонування ринку, як вихідні нормативні вимоги до його організації, складають

науковий базис і забезпечують розвиток конкуренції на ньому. Принципи функціонування ринку теплоенергії України можуть бути визначені як такі:

- 1) *прозорість* – торгівля теплоенергією відбувається в організованій формі на спеціалізованих електронних торговельних платформах;
- 2) *відкритість* – результати операцій купівлі-продажу теплоенергії є публічними, систематично оприлюднюються та легко перевіряються;
- 3) *економічна ефективність* – форми торгівлі та методи ціноутворення на ринку теплоенергії сприяють вибору високоєфективних видів теплогенерації, уникаючи надприбутків для їх виробників;
- 4) *справедливий доступ* – виробники теплоенергії незалежно від форми власності мають однакові правила регульованого доступу до тепломережі;
- 5) *змагальність виробників* – виробники теплоенергії конкурують між собою на окремих часових сегментах ринку, пропонуючи найкращу ціну теплоенергії для споживачів;
- 6) *доброчесність конкуренції* – будь-які дії учасників ринку теплоенергії, що спотворюють конкуренцію, забороняються;
- 7) *ціновий компроміс* – ціна теплоенергії є мінімальною для споживача, сприяє підвищенню ефективності теплогенерації та враховує вимоги балансової надійності теплоенергетичної системи;
- 8) *економічна обґрунтованість* – цінові обмеження на ринку теплоенергії встановлюються незалежним енергетичним регулятором на засадах бенчмаркінгу, підкріплюються результатами національної та світової практики;
- 9) *збалансованість і надійність* – підтримання поточного та майбутнього балансу теплоенергетичної системи з урахуванням планів містобудування та забезпечення стандартів якості теплоенергії;
- 10) *декарбонізація* – сприяння розбудові низьковуглецевих, у т. ч. відновлюваних, джерел теплогенерації.

Завдання формують план досягнення мети, які мають бути логічно взаємопов'язані та узгоджені з нею. Головним завданням при формуванні ринків теплоенергії в Україні є обґрунтування ключових детермінантів його функціонування виходячи із технічних особливостей теплоенергетичної системи. Це завдання підрозділяється на такі складові:



**Рис. 3. Принципова модель організації товарних ринків теплової енергії**

Джерело: авторська розробка.

- 1) розмежування комерційних і некомерційних функцій теплозабезпечення, що вимагає: а) юридичного анбандлінгу функцій виробництва від транспортування (передачі та/або розподілу); б) корпоратизації виробників теплоенергії;
- 2) запровадження прозорої, відкритої організованої форми торгівлі на локальних ринках теплоенергії, що вимагає: а) прийняття первинного законодавства (Закону України «Про ринок теплоенергії»); б) прийняття вторинного законодавства (Правил торгівлі теплоенергією); в) запуску платформ із тор-

гівлі теплоенергією незалежними системними операторами;

- 3) гарантування справедливого доступу для всіх виробників теплоенергії, що вимагає: а) прийняття вторинного законодавства (Кодексу теплових мереж та Правил регульованого доступу); б) запровадження онлайн-інтерактивної платформи щодо потенційних точок приєднання;
- 4) розробка системи ціноутворення на локальних ринках теплоенергії, що вимагає: а) впровадження на національному рівні (енергетичним регулятором) методично-



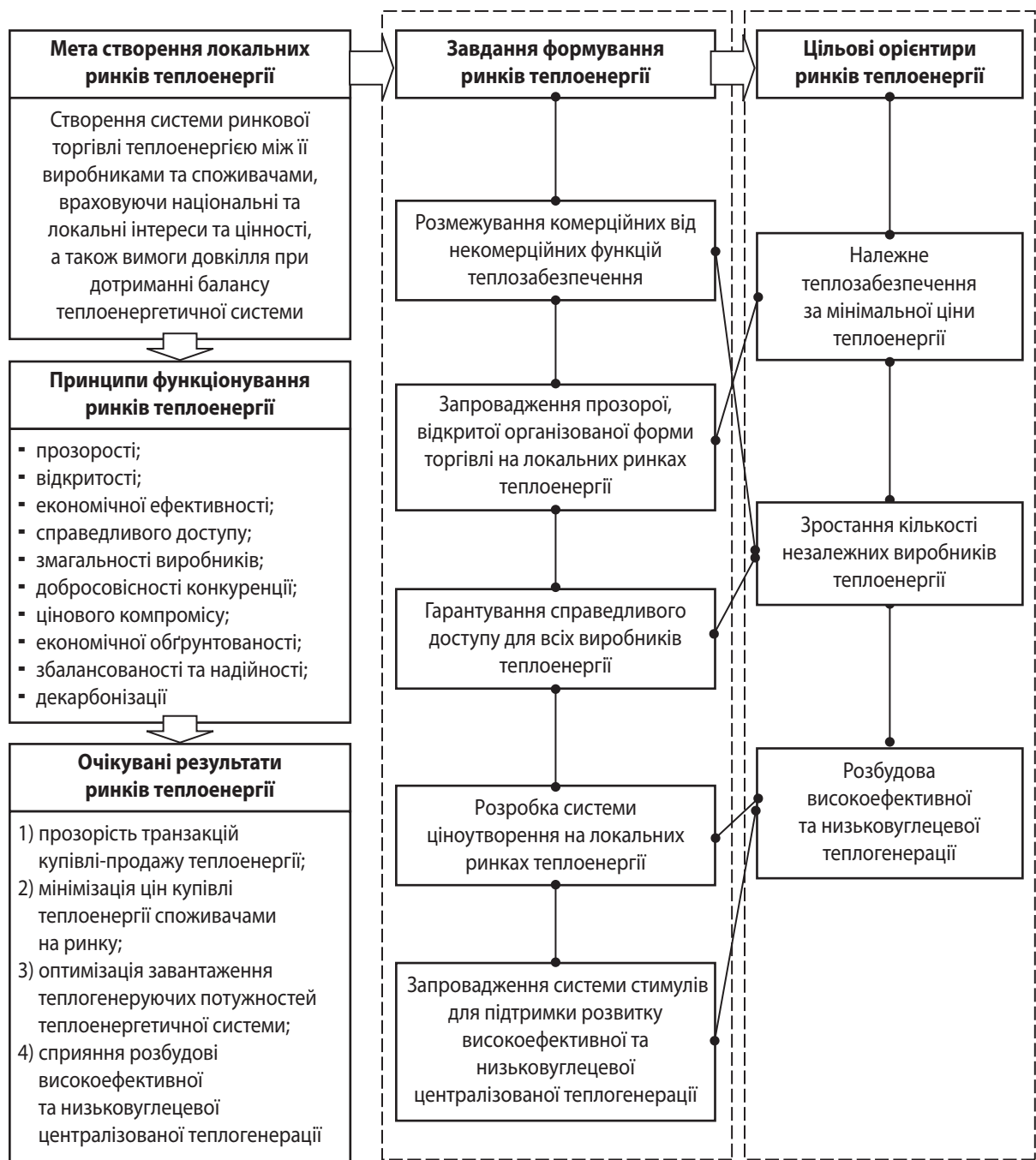


Рис. 4. Організаційні положення формування ринків теплоенергії України

Джерело: авторська розробка.

го підходу до бенчмаркінгу витрат на виробництво теплоенергії; б) за необхідності – поділ локальних ринків теплоенергії на субзони (незалежний системний оператор); в) розробки для кожної ринкової зони оптимізаційної функції ціноутворення з урахуванням технічної специфіки теплових мереж (незалежний системний оператор); 5) запровадження системи стимулів для підтримки розвитку високоефективної та низьковуглецевої централізованої теплогенерації з ураху-

ванням поточних планів і прогнозів розвитку містобудування на певній місцевості.

**Ц**ільові орієнтири локальних ринків теплоенергії походять від завдань і представляють стратегічне бачення результатів формування локальних ринків теплоенергії:

- 1) розмежування комерційних і некомерційних функцій разом із політикою справедливого доступу до тепломережі приведе до зростання кількості незалежних виробників;

- 2) запровадження організованої форми торгівлі на основі аукціонного підходу та заявленого ціноутворення на засадах бенчмаркінгу матиме сануючий ефект, очищуючи ринок від неефективної теплогенерації;
- 3) централізований метод диспетчеризації разом із оптимізаційною функцією ціноутворення дозволить досягти належного теплозабезпечення за мінімальної вартості.

Таким чином, запропоновані атрибутивні елементи та концептуальні положення формування локальних ринків теплоенергії на основі моделі єдиного покупця дозволяють досягти ряд принципів переваг порівняно із наявною моделлю вертикально-інтегрованої енергетичної компанії:

- 1) орієнтація на ринкове ціноутворення теплоенергії;
- 2) чітке розмежування функцій теплоенергетичного ланцюга: виробництво → транспортування → споживання;
- 3) сумісна оптимізація фізичних і комерційних потоків теплоенергії;
- 4) відкриття конкуренції на оптовому рівні для незалежних виробників;
- 5) уніфікація системи теплопостачання для споживачів;
- 6) сприяння розбудові високоефективної теплогенерації.

Окремо слід зауважити, що за такої моделі формуються такі типи фінансових розрахунків:

- 1) для виробників: ціна за виробництво теплоенергії та плата за приєднання до тепломереж;
- 2) для споживачів: ціна за виробництво теплоенергії; плата за транспортування теплоенергії та плата за абонентське обслуговування.

Особливе значення формування конкурентних ринків теплової енергії в Україні має на перспективу, з позиції відновлення енергетичної системи України після подолання російської агресії. Пріоритетна роль має віддаватися незалежним виробникам теплової енергії, які використовують відновлювані джерела енергії, мають надлишкову або скидну теплову енергію. ■

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Deshko V. I. et al. Evaluation of the district heating market efficiency as the function of its size and number of competing suppliers. *59<sup>th</sup> International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)* (12–13 November 2018). IEAA, 2018. P. 1–7. DOI: 10.1109/RTUCON.2018.8659907.

2. Liu Wen et al. The marginal-cost pricing for a competitive wholesale district heating market: A case study in the Netherlands. *Energy*. 2019. Vol. 189. Art. 116367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116367>
3. Pažeraitė A., Lekavičius V., Gatautis R. District heating system as the infrastructure for competition among producers in the heat market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 169. Art. 112888. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112888>
4. Bauermann K., Spiecker S., Weber C. Individual decisions and system development—Integrating modelling approaches for the heating market. *Applied energy*. 2014. Vol. 116. P. 149–158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.046>
5. Åberg M., Fåltling L., Forssell A. Is Swedish district heating operating on an integrated market? – Differences in pricing, price convergence, and marketing strategy between public and private district heating companies. *Energy Policy*. 2016. Vol. 90. P. 222–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.030>
6. Oleksijs R., Sauhats A., Olekshii B. Generator cooperation in district heating market considering open electricity market. *61<sup>th</sup> International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)* (05–07 November 2020) IEEE, 2020. P. 1–6. DOI: 10.1109/RTUCON51174.2020.9316566.
7. Mitridati L., Kazempour J., Pinson P. Heat and electricity market coordination: A scalable complementarity approach. *European Journal of Operational Research*. 2020. Vol. 283. Iss. 3. P. 1107–1123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.072>
8. Davoudi M., Moeini-Aghaie M., Ghorani R. Developing a new framework for transactive peer-to-peer thermal energy market. *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2021. Vol. 15. Iss. 13. P. 1984–1995. DOI: <https://doi.org/10.1049/gtd2.12150>
9. Faria A. S., Soares T., Cunha J. M., Mourão Z. Liberalized market designs for district heating networks under the EMB3Rs platform. *Sustainable Energy, Grids and Networks*. 2022. Vol. 29. Art. 100588. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100588>
10. Frölke L., Palm I.-M., Kazempour J. Market integration of excess heat. *Electric Power Systems Research*. 2022. Vol. 212. Art. 108459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108459>
11. Doračić B. et al. Utilizing excess heat through a wholesale day ahead heat market – The DARKO model. *Energy conversion and management*. 2021. Vol. 235. Art. 114025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114025>
12. Javanshir N., Syri S. Techno-Economic Analysis of a Highly Renewable and Electrified District Heating Network Operating in the Balancing Markets. *Energies*. 2023. Vol. 16. Iss. 24. Art. 8117. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16248117>

13. Mason E. S. The Current Status of the Monopoly Problem in the United States. *Harvard Law Review*. 1949. Vol. 62. No. 8. P. 1265–1285.  
DOI: <https://doi.org/10.2307/1336466>
14. Bain J. S. Barriers to New Competition: Their Character and Consequences in Manufacturing Industries. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1956. 329 p.
15. Re-powering Markets: Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems. *International Energy Agency*. 2016. 246 p.  
DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264209596-en>
16. Ahlqvist V., Holmberg P., Tangerås T. A survey comparing centralized and decentralized electricity markets. *Energy Strategy Reviews*. 2022. Vol. 40. Art. 100812.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100812>
17. Кизим М. О., Салашенко Т. І. Конкурентний ринок електроенергії: теоретичні підходи та моделі формування. *Проблеми економіки*. 2020. № 2. С. 130–143.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2020-2-130-143>
18. Holmberg P., Lazarczyk E. Congestion management in energy networks: Nodal, zonal and discriminatory pricing. *IFN Working Paper No. 915*. Faculty of Economics, University of Cambridge. 2012. URL: <https://ideas.repec.org/p/hhs/iuiwop/0915.html>
19. Felling T., Felten B., Osinski P., Weber C. Flow-Based Market Coupling Revised – Part II: Assessing Improved Price Zones in Central Western Europe. *HEMF Working Paper No. 07*, 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3404046>
20. Barroso L. A., Cavalcanti T. H., Giesbertz P., Purchala K. Classification of electricity market models worldwide. *Paper presented at the International Symposium CIGRE/IEEE PES*. 2005. New Orleans, LA, USA. P. 9–16.  
DOI: 10.1109/CIGRE.2005.1532720.
21. Pollitt M. G. Lessons from the history of independent system operators in the energy sector. *Energy Policy*. 2012. Vol. 47. P. 32-48.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.007>
22. Кизим М. О., Салашенко Т. І., Котляров Є. І. Розбудова ринків теплової енергії: досвід європейських країн і висновки для України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 11. С. 64–75.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-11-64-75>
23. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Котляров Є. І. Специфіка господарських відносин в теплоенергетиці України. *Бізнес Інформ*. 2023. № 8. С. 157–170.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-157-170>
24. Теплозабезпечення великих міст України: поточний стан і напрями модернізації : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 340 с.
25. The current electricity market design in Europe. KU Leuven Energy Institute. EI-FACT SHEET 2015-01.  
URL: [https://set.kuleuven.be/ei/images/EI\\_fact-sheet8\\_eng.pdf](https://set.kuleuven.be/ei/images/EI_fact-sheet8_eng.pdf)
26. Crampton P. Market Design in Energy and Communications. *University of Maryland*. 2015. URL: <http://www.cramton.umd.edu/papers2015-2019/cramton-market-design-in-energy-and-communications.pdf>
27. Akbari-Dibavar A., Mohammadi-Ivatloo B., Zare K. Electricity Market Pricing: Uniform Pricing vs. Pay-as-Bid Pricing. *Electricity Markets*. Springer, Cham, 2020. P. 19–35.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36979-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36979-8_2)

## REFERENCES

- Aberg, M., Falting, L., and Forssell, A. "Is Swedish district heating operating on an integrated market? - Differences in pricing, price convergence, and marketing strategy between public and private district heating companies". *Energy Policy*, vol. 90 (2016): 222-232.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.030>
- Ahlqvist, V., Holmberg, P., and Tangeras, T. "A survey comparing centralized and decentralized electricity markets". *Energy Strategy Reviews*, art. 100812, vol. 40 (2022).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100812>
- Akbari-Dibavar, A., Mohammadi-Ivatloo, B., and Zare, K. "Electricity Market Pricing: Uniform Pricing vs. Pay-as-Bid Pricing". *Electricity Markets*, 19-35. Springer, Cham, 2020.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36979-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36979-8_2)
- Bain, J. S. *Barriers to New Competition: Their Character and Consequences in Manufacturing Industries*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1956.
- Barroso, L. A. et al. "Classification of electricity market models worldwide". *The International Symposium CIGRE/IEEE PES*. New Orleans, LA, USA, 2005. 9-16.  
DOI: 10.1109/CIGRE.2005.1532720
- Bauermann, K., Spiecker, S., and Weber, C. "Individual decisions and system development-Integrating modelling approaches for the heating market". *Applied energy*, vol. 116 (2014): 149-158.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.046>
- Crampton, P. "Market Design in Energy and Communications". *University of Maryland*. 2015. <http://www.cramton.umd.edu/papers2015-2019/cramton-market-design-in-energy-and-communications.pdf>
- Davoudi, M., Moeini Aghtaie, M., and Ghorani, R. "Developing a new framework for transactive peer to peer thermal energy market". *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 15, no. 13 (2021): 1984-1995.  
DOI: <https://doi.org/10.1049/gtd2.12150>
- Deshko, V. I. et al. "Evaluation of the district heating market efficiency as the function of its size and number of competing suppliers". *59<sup>th</sup> International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTU CON)*. IEAA, 2018. 1-7.  
DOI: 10.1109/RTU CON.2018.8659907
- Doracic, B. et al. "Utilizing excess heat through a wholesale day ahead heat market – The DARKO model".

- Energy conversion and management*, art. 114025, vol. 235 (2021).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114025>
- Faria, A. S. et al. "Liberalized market designs for district heating networks under the EMB3Rs platform". *Sustainable Energy, Grids and Networks*, art. 100588, vol. 29 (2022).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100588>
- Felling, T. et al. "Flow-Based Market Coupling Revised – Part II: Assessing Improved Price Zones in Central Western Europe". *HEMF Working Paper*, no. 07 (2019).  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3404046>
- Frolke, L., Palm, I.-M., and Kazempour, J. "Market integration of excess heat". *Electric Power Systems Research*, art. 108459, vol. 212 (2022).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108459>
- Holmberg, P., and Lazarczyk, E. "Congestion management in energy networks: Nodal, zonal and discriminatory pricing". *IFN Working Paper* no. 915. Faculty of Economics, University of Cambridge. 2012. <https://ideas.repec.org/p/hhs/iuiwop/0915.html>
- Javanshir, N., and Syri, S. "Techno-Economic Analysis of a Highly Renewable and Electrified District Heating Network Operating in the Balancing Markets". *Energies*, art. 8117, vol. 16, no. 24 (2023).  
DOI: <https://doi.org/10.3390/en16248117>
- Kyzym, M. O., and Salashenko, T. I. "Konkurentnyi rynek elektroenerhii: teoretychni pidkhody ta modeli formuvannia" [Competitive Electricity Markets: Theoretical Approaches and Formation Models]. *Problemy ekonomiky*, no. 2 (2020): 130-143.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2020-2-130-143>
- Kyzym, M. O., Khaustova, V. Ye., and Kotliarov, Ye. I. "Spetsyfika hospodarskykh vidnosyn v teploenerhetytsi Ukrainy" [Specifics of Economic Relations in the Thermal Power Industry of Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 8 (2023): 157-170.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-157-170>
- Kyzym, M. O., Salashenko, T. I., and Kotliarov, Ye. I. "Rozbudova ryнкiv teplovoi enerhii: dosvid yevropeiskyykh krain i vysnovky dlia Ukrainy" [Development of Heat Energy Markets: Experience of European Countries and Conclusions for Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 11 (2022): 64-75.  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-11-64-75>
- Liu, Wen et al. "The marginal-cost pricing for a competitive wholesale district heating market: A case study in the Netherlands". *Energy*, art. 116367, vol. 189 (2019).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116367>
- Mason, E. S. "The Current Status of the Monopoly Problem in the United States". *Harvard Law Review*, vol. 62, no. 8 (1949): 1265-1285.  
DOI: <https://doi.org/10.2307/1336466>
- Mitridati, L., Kazempour, J., and Pinson, P. "Heat and electricity market coordination: A scalable complementarity approach". *European Journal of Operational Research*, vol. 283, no. 3 (2020): 1107-1123.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.072>
- Oleksijs, R., Sauhats, A., and Olekshii, B. "Generator cooperation in district heating market considering open electricity market". *61<sup>th</sup> International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*. IEEE, 2020. 1-6.  
DOI: [10.1109/RTUCON51174.2020.9316566](https://doi.org/10.1109/RTUCON51174.2020.9316566)
- Pazeraite, A., Lekavicius, V., and Gatautis, R. "District heating system as the infrastructure for competition among producers in the heat market". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, art. 112888, vol. 169 (2022).  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112888>
- Pollitt, M. G. "Lessons from the history of independent system operators in the energy sector". *Energy Policy*, vol. 47 (2012): 32-48.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.007>
- Re-powering Markets: Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems. *International Energy Agency*, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264209596-en>
- "The current electricity market design in Europe". *KU Leuven Energy Institute*. EI-FACT SHEET 2015-01. [https://set.kuleuven.be/ei/images/EI\\_factsheet8\\_eng.pdf](https://set.kuleuven.be/ei/images/EI_factsheet8_eng.pdf)
- Teplozabezpechennia velykykh mist Ukrainy: potochnyi stan i napriamy modernizatsii* [Heat Supply of Large Cities of Ukraine: Current State and Directions of Modernization]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2021.