

ЛІБЕРАЛІЗОВАНІ РИНКИ ЕНЕРГІЇ LIBERALIZED ENERGY MARKET

УДК 644.1

В.І. Дешко, д-р. техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-8218-3933

Д.С. Карпенко, асп. ORCID 0000-0002-8022-9782

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ СТВОРЕННЯ РИНКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Описані особливості ринку теплової енергії та їх вплив на його ефективність. Визначені технічні засоби ринку теплової енергії та їх розподіл на чотири зони: зона виробників, зона теплопостачальної організації, зона споживачів та зона державного контролю. Описані складові капітальних затрат на створення ринку теплової енергії. Описана суть моделі ринку теплової енергії та методика розрахунку фінансових показників виробників теплової енергії. Формалізовано поняття ефективності ринку теплової енергії та терміну його окупності. Розроблено проект ринку теплової енергії в місті Ірпінь (Україна, Київська область) в авторському програмному забезпеченні «Thermal Energy Market». Визначені основні технічні характеристики системи теплопостачання в Ірпіні при умовах монополії та при умовах конкуренції. На базі моделі виконано розрахунок ефективності ринку теплової енергії, оптимального коефіцієнту частки ринку, та його простого і дисконтованого термінів окупності в системі теплопостачання з одним основним виробником теплової енергії та сьома незалежними виробниками, які використовують власні технологічні процеси та джерела енергії.

Ключові слова: ринок теплової енергії, техніко-економічний аналіз, джерела енергії, ефективність, термін окупності, система теплопостачання.

Вступ

Процес створення ринку теплової енергії (РТЕ) в Україні не можна розглядати тільки з точки зору вигод, які утворюються при реалізації конкурентного середовища в системі теплопостачання. РТЕ є локальним ринком, який обмежується територією міста, і не несе вплив на ринки, які знаходяться в інших містах України. Даний аспект описує необхідність передачі відповідальності за впровадження ринку від державних органів влади до місцевих органів самоврядування, що є частиною політики децентралізації в Україні [1].

Ефективність того, чи іншого РТЕ визначається наступними показниками [2]:

- доступність і вартість місцевих ресурсів для використання у виробництві теплової енергії;
- екологічні та економічні стимули використання тих чи інших ресурсів для виробництва теплової енергії;
- рівень успішності ведення підприємницької діяльності в сфері теплопостачання, що є вигодою для самого виробника;
- сприяння органів місцевого самоврядування до розвитку і функціонування РТЕ;
- технічних стан теплових мереж;
- ефективність процесу операторського керування РТЕ;
- рівень технічної та економічної ефективності до створення РТЕ;
- правильність технічних рішень на етапі впровадження РТЕ;

Всі вищенаведені показники в сумі і дають ту вигоду, яка утворюється в наслідок функціонування РТЕ. Ця вигода відображається перш за все у зниженні тарифу на теплову енергію для кінцевого споживача, що і є однією із цілей впровадження РТЕ.

Але, є дуже важливим розглядати РТЕ з точки зору єдиного цілого, в якості мікроекономічної одиниці. Це означає, що результатом створення ринку є капітальні витрати для приведення його в стан функціонування, а результатом роботи ринку є експлуатаційні витрати та отримання прибутку. При цьому, прибуток розглядається саме як рівень ефективності РТЕ, що є сумою вигод незалежних виробників і споживачів [3]. Також, ключовим показником має виступати термін окупності РТЕ, який і є визначальним в частині прийняття рішення щодо створення ринку в процесі його проектування.

Мета і завдання

Метою даної статті є для визначення методики прийняття рішення з необхідності впровадження РТЕ, та приблизна оцінка терміну окупності загального РТЕ в межах України, як макроекономічного показника.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначення переліку технічних засобів для створення РТЕ;
- визначення методики визначення терміну окупності РТЕ, та величини терміну окупності;
- визначення капітальних затрат при створенні РТЕ на основі переліку необхідних для цього технічних засобів.
- розрахунок терміну окупності РТЕ на основі реального об'єкту.

Визначення переліку технічних засобів для створення РТЕ

Для визначення складових створення РТЕ в частині технічних засобів, необхідно поділити на чотири основні зони відповідальності відповідно до структури системи тепlopостачання:

1. Зона виробників, яка характеризується об'єктами теплогенерації та тепломережами на межі фізичного розділення теплоносіїв виробника та тепlopостачальної організації. На сьогодні, існує значна кількість технологій по виробництву теплової енергії. В залежності від кон'юнктури цін на ринку енергоносіїв та способів її використання, та чи інша технологія може превалювати. В табл. 1 наведено основні види ресурсів для виробництва теплової та електричної енергії.

Таблиця 1 – Основні види ресурсів для виробництва теплової та електричної енергії

Тип ресурсу	Технологія
Сонячна енергія	Геліосистеми
	Фотовольтаїка
Енергія вітру	Вітрогенератори
Біомаса	Спалювання
	Газифікація
	Переетерифікація
Енергія геотермальних вод та земних надр	Теплообмін з навколишнім середовищем
Енергія гідроресурсів	Електрогенератори
Викопні палива	Спалювання
	Газифікація
Атомна енергія	Ядерні реакції поділу та синтезу

2. Зона тепlopостачальної організації, яка характеризується магістральними та розподільчими тепловими мережами на межі фізичного розділення теплоносіїв як зі сторони виробників, так і зі сторони споживачів. Також, сюди слід віднести засоби операторського контролю та керування процесом тепlopостачання.

3. Зона споживачів, яка характеризується об'єктами споживання теплової енергії та тепломережами на межі фізичного розділення теплоносіїв споживача та тепlopостачальної організації.

4. Зона державного контролю за процесами функціонування РТЕ. Ця зона має відношення до організації РТЕ з точки зору проведення аукціонів з купівлі-продажу теплової енергії. Передбачається, що на базі РТЕ буде створений орган влади, як складова частина органів місцевого самоврядування, який матиме функції юридичного регулювання процесу функціонування РТЕ взагалі.

Виходячи з цієї класифікації постає важливе питання про джерела фінансування технічних засобів, які закріплюються за одними з чотирьох зон відповідальності наведених вище. Варіантів рішення цього питання може бути декілька, тому, оскільки, результат розрахунків не залежить від джерел фінансування, даний аспект не розглядається в даній статті.

Під технічними засобами для створення РТЕ розуміються такі засоби, без наявності яких функціонування ринку теплової енергії неможливо.

Відповідно, до наведеної вище класифікації зон відповідальності наведено перелік технічних засобів для створення і функціонування РТЕ:

1. Зона виробників:
 - теплова мережа до місця розмежування теплоносіїв виробника та тепlopостачальної організації, якщо це необхідно, C_{TM}^B ;
 - поверхневий теплообмінний апарат, $C_{ПТ}^B$;
 - лічильник теплової енергії, $C_{ЛТЕ}^B$;
 - засоби автоматизації для регулювання потужності теплогенерації, C_A^B ;

- Сума капітальних витрат на створення РТЕ в зоні виробника складе, грн.:

$$C_{\Sigma}^B = C_{TM}^B + C_{ПТ}^B + C_{ЛТЕ}^B + C_A^B \quad (1)$$

- 2. Зона тепlopостачальної організації:

- магістральні та розподільчі теплові мережі для заміни або реновації тих, що мають незадовільний технічний стан, та для прокладання нових для збільшення масштабу РТЕ, C_{TM}^{TO} ;

- центральні теплові пункти (ЦТП) для розділення контурів магістральних та розподільчих мереж, $C_{ЦП}^{TO}$;

- засоби автоматизації та диспетчеризації для контролю та управління регулюванням потужності перетоків теплової енергії в тепловій мережі, C_{AD}^{TO} ;

- Сума капітальних витрат на створення РТЕ в зоні тепlopостачальної організації складе, грн.:

$$C_{\Sigma}^{TO} = C_{TM}^{TO} + C_{ЦП}^{TO} + C_{AD}^{TO} \quad (2)$$

- Зона споживачів:

- теплова мережа до місця розмежування теплоносіїв споживачів та тепlopостачальної організації, якщо це необхідно, C_{TM}^C ;

- індивідуальний тепловий пункт (ІТП), що включає в себе: поверхневий теплообмінний апарат, лічильник теплової енергії, засоби автоматизації для регулювання потужності споживання, $C_{ІП}^C$.

- Сума капітальних витрат на створення РТЕ в зоні споживача складе, грн.:

$$C_{\Sigma}^C = C_{TM}^C + C_{ІП}^C \quad (3)$$

3. Зона державного контролю за процесами функціонування РТЕ передбачає затрати на створення органів державної влади для впровадження і контролю РТЕ в межах міста.

Отже, загальна сума капітальних затрат РТЕ складе, грн.:

$$C_{\Sigma}^{PTE} = C_{\Sigma}^B + C_{\Sigma}^{TO} + C_{\Sigma}^C + C_{\Sigma}^{DO} \quad (4)$$

де,

C_{Σ}^{DO} – сума витрат на створення органу регулювання функціонування РТЕ, грн.

Визначення капітальних затрат в конкретному місті, де планується створення РТЕ може проводитись саме по вищенаведеній схемі, але необхідно розуміти, що в силу різних вихідних умов, величина капітальних витрат може відрізнятись.

Модель ринку теплової енергії

Модель РТЕ є статичною, і не описує кон'юктурні зміни на ринку на протязі його роботи. Статті витрати кожного з виробників визначенні протягом всього часу і є незмінними. Статична модель показує принципові тенденції на ринку теплової енергії, і не враховує динамічні, або непередбачувані процеси, які можуть виникати. Такими процесами можуть бути:

1. Неможливість постачання теплової енергії виробником який виграв аукціон із-за технічних неполадок.
2. Зміна цін на ресурси в часі, які закладаються у витрати виробників.
3. Зміна правил роботи аукціону або законодавчих обмежень на ринку.
4. Нестабільність погодних умов.

На рис. 1 представлена принципова схема складових цільової функції моделі ринку теплової енергії.

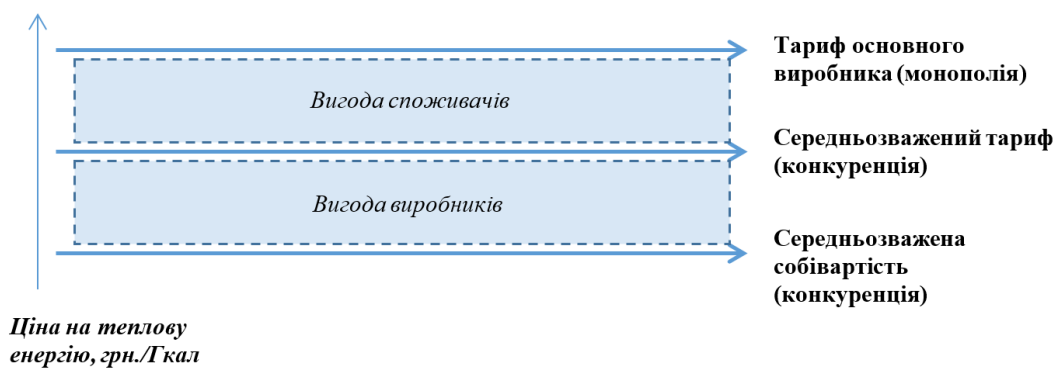


Рисунок 1 – Принципова схема складових цільової функції моделі ринку теплової енергії

Для кожного з об'єктів теплогенерації проводиться розрахунок функцій повних витрат та прогнозований тариф з врахуванням норми прибутку кожного з постачальників теплової енергії [4].

Функція повних витрат для кожного об'єкту теплогенерації представлена у наступному виді:

$$TC = (A_1 + A_2 + A_3) \times Q + (B_1 + B_2 + B_3 + B_4), \quad (5)$$

де:

TC – повні витрати на виробництво теплової енергії за рік, грн.;

A₁ – витрати на енергоресурс для виробництва 1 Гкал теплової енергії, грн./Гкал;

A₂ – витрати на доставку енергоресурсу для виробництва 1 Гкал теплової енергії, грн./Гкал;

A₃ – витрати на електроенергію для виробництва 1 Гкал теплової енергії, грн./Гкал;

B₁ – постійні витрати на заробітну плату робочого персоналу на виробництво теплової енергії за рік, грн.;

B₂ – постійні витрати на інші витрати на виробництво теплової енергії за рік, грн.;

B₃ – постійні витрати на амортизацію на виробництво теплової енергії за рік, грн.;

B₄ – постійні витрати на адміністрацію на виробництво теплової енергії за рік, грн.;

Q – кількість виробленої теплової енергії за рік, Гкал.

В даній моделі локального ринку теплової енергії в якості обмеження вводиться поняття частки ринку, тобто максимальна межа кількості теплової енергії, яку може відпустити кожен із виробників за кожен місяць. Частка ринку для і-того виробника (крім основного) визначається коефіцієнтом долі ринку:

$$Q_{mij}^d = Q_{спj} \cdot q, \quad (6)$$

де:

Q_{mij}^d – доля ринку для і-того виробника j-того місяця, Гкал,

Q_{спj} – попит на теплову енергію j-того місяця, Гкал,

q – коефіцієнт частки ринку.

Для формування матриці потенціалу виробництва теплової енергії на ринку використовуються наступні умови:

Якщо $Q_{mi}^n < Q_{mij}^d$:

$$Q_{mij}^3 = Q_{mi}^n; \quad (7)$$

якщо $Q_{mi}^n \geq Q_{mij}^d$:

$$Q_{mij}^3 = Q_{mij}^d; \quad (8)$$

де:

Q_{mij}³ – заявочна кількість теплової енергії для і-того виробника j-того місяця.

Виходячи с кількості виробників та кількості місяців заповнюється матриця потенціалу виробництва теплової енергії на ринку.

Отже, кожен виробник, маючи функцію повних витрат та рівень планового прибутку, виходячи з ринкових умов та можливої кількості проданої теплової енергії, розраховує прогнозований тариф на відпуск теплової енергії, та подає в якості заявки на аукціон. Прогнозований тариф на теплову енергію для кожного виробника складе:

$$T_i = \frac{A_i \cdot \sum_{n=1}^{j=1} Q_{mij}^3 + B_i + P}{\sum_{n=1}^{j=1} Q_{mij}^3} \quad (9)$$

де:

T_i – прогнозований тариф на теплову енергію і-того виробника, грн./Гкал,

A_i – сума змінних витрат і-того виробника, грн./Гкал,

B_i – сума постійних витрат і-того виробника, грн./Гкал.

На основі поданих заявок виробників, в яких зазначаються такі параметри як T_i та Q_{mij}³, проводиться аукціон, де визначаються переможці, які по поданим тарифам і об'ємам будуть продавати теплову енергію в і-тому місяці.

Заявки сортуються за ціновими пропозиціями в напрямку збільшення. Сума заявок переможців для j-того місяця визначається умовою:

$$\sum_{n=1}^{i=1} Q_{mij}^3 = Q_{спj} \quad (10)$$

де:

n – номер останнього виробника-переможця.

Якщо заявочний об'єм теплової енергії останнього виробника-переможця повністю не покриває попит j-того місяця, то враховується лише частина заявочного об'єму:

$$Q_{mnj}^3 = Q_{спj} - \sum_{n=1}^{i=1} Q_{mij}^3 \quad (11)$$

де:

$Q_{m,n,j}^3$ – частина заявочного об'єму теплової енергії останнього виробника-переможця яка покриває попит j -того місяця.

В якості результату проведеного аукціону формується матриця виробників-переможців аукціону.

На основі матриці виробників-переможців аукціону розраховується сумарна вартість спожитої теплової енергії в j -тому місяці на ринку:

$$C_{спj} = \sum_n^{i=1} (Q_{m,i,j}^3 \cdot T_i) \quad (12)$$

де:

$C_{спj}$ – сумарна вартість спожитої теплової енергії в j -тому місяці, грн.

Середньозважений тариф на відпуск теплової енергії в j -тому місяці:

$$T_j^{с.зв} = \frac{C_{спj}}{Q_{спj}} \quad (13)$$

Після проведення аукціонів за кожен місяць опалювального сезону, кожен з виробників матиме свій фінансовий результат, який буде відображати успішність роботи даного виробника на ринку теплової енергії. Основними показниками, які характеризують успішність роботи підприємства на ринку теплової енергії є:

- загальний виторг i -того виробника,
- загальні витрати i -того виробника,
- загальний прибуток i -того виробника,
- різниця планового прибутку і фактичного прибутку i -того виробника
- рентабельність i -того виробника.

Розглядаючи ситуацію в Україні в частині систем тепlopостачання, необхідно прийняти до уваги, що майже в усіх великих містах України існують комунальні підприємства, які виконують функцію тепlopостачальника і фактично є монополістами. Створюючи ринкові відносини в системах тепlopостачання таких міст, природнім є те, що попит, який покривало комунальне підприємство буде знижуватись, а тому фінансова успішність цих підприємств також буде зазнавати зниження. Також можлива ситуація, коли комунальне підприємство буде зазнавати збитків.

Оскільки, комунальні підприємства є основними постачальниками теплової енергії в містах, необхідно запровадити механізм стимулювання цих підприємств у випадку виникнення збитків за рахунок постійних витрат.

Є декілька способів забезпечення цієї умови:

1. Повна компенсація збитків.
2. Часткова компенсація збитків із постійним відсотком компенсації
3. Часткова компенсація збитків із стимулюючим відсотком компенсації.

Для простоти, в даній моделі обрано перший варіант компенсації збитків, розподіляючи цю величину відносно річного об'єму відпущеної теплової енергії на ринку.

Величина річного середньозваженого тарифу на теплову енергію з врахуванням компенсації збитків основному виробнику складає:

$$T^{с.зв} = \frac{\sum_n^{i=1} C_{спi} + U_1}{\sum_n^{i=1} Q_{спi}} \quad (14)$$

де:

U_1 - величина збитків основного виробника за рік, грн.

Вигоду від впровадження ринку теплової енергії необхідно розглядати з точки зору різниці в вартості спожитої теплової енергії та середньозважених тарифах на теплову енергію при його функціонуванні та відсутності. З іншої сторони розглядається сумарна величина прибутків виробників. Сума цих двох показників є цільовою функцією моделі ринку теплової енергії.

Основною метою моделювання є визначення оптимального коефіцієнту частки ринку при визначеній кількості виробників теплової енергії та кількості спожитої кількості теплової енергії за рік споживачами на ринку.

Вигоду від впровадження ринку теплової енергії необхідно розглядати з точки зору різниці в вартості спожитої теплової енергії та середньозважених тарифах на теплову енергію при його функціонуванні та відсутності. Саме ця різниця виступає цільовою функцією для оптимізації роботи ринку теплової енергії, де обмеженням виступає коефіцієнт частки ринку.

При відсутності ринку теплової енергії прогнозований тариф для основного виробника складає:

$$T_1 = \frac{A_1 \cdot \sum_n^{i=1} Q_{спi} + B_1 + P}{\sum_n^{i=1} Q_{спi}} \quad (15)$$

Різниця в тарифах на теплову енергію при функціонуванні та відсутності ринку теплової енергії, грн/Гкал:

$$\Delta T = T_1 - T^{с.зв} \quad (16)$$

Вигода від впровадження ринку теплової енергії із врахуванням компенсації збитків основного виробника, грн:

$$V = \Delta T \cdot \sum_n^{j=1} Q_{сп} \quad (17)$$

Сума прибутків незалежних виробників, грн:

$$P = \sum_n^{i=1} TP_i - U_1 \quad (18)$$

Визначення терміну окупності PTE

Для розрахунку терміну окупності PTE, необхідно знати основні дві величини: сума капітальних витрат на створення PTE - C_{Σ}^{PTE} , та загальну вигоду від створення PTE при його функціонуванні за один календарний рік. Таким показником виступає ефективність ринку теплової енергії [3]. Даний показник є сумою вигоди від впровадження ринку теплової енергії із врахуванням компенсації збитків основного виробника (V) і суми прибутків незалежних виробників (P), грн:

$$E = V + P \quad (19)$$

Виходячи з цього, дисконтована вартість грошових потоків для PTE складе, грн:

$$NPV_r = -C_{\Sigma}^{PTE} + \sum_{t=1}^n \frac{E}{(1 + \frac{i}{100})^t}, \quad (20)$$

де:

i – ставка дисконтування, яка є функцією від вартості альтернативного вкладання коштів, рівня інфляції за обраний період та ін., %;

t – поточний період (рік);

n – розрахунковий період (років).

Дисконтований термін окупності T визначається за формулою:

$$T = (r - 1) + \frac{NPV_{r-1}}{NPV_r - NPV_{r-1}}, \text{ рік}, \quad (21)$$

де: r – рік, в якому $NPV > 0$.

Простий термін окупності складе:

$$T^{пр} = \frac{C_{\Sigma}^{PTE}}{E}, \text{ рік}, \quad (22)$$

Оцінка терміну окупності PTE при його створенні в м. Ірпінь

Для розрахунку терміну окупності PTE міста Ірпінь було використано авторське програмне забезпечення «Thermal Energy Market» [5]. В першу чергу, необхідно визначити загальну вигоду від створення PTE при його функціонуванні за один календарний рік. Оскільки, суть моделі полягає у визначенні різниці економічних результатів функціонування системи тепlopостачання міста при монополії та конкуренції, необхідно побудувати існуючу систему тепlopостачання міста.

Аналізуючи побудовану схему можна визначити, що на даний момент існує 4 великі не пов'язані між собою системи теплових мереж. Загальна довжина теплових мереж існуючої системи за результатами розрахунків складає приблизно 19 км. Основні технічні характеристики існуючої системи представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Основні технічні характеристики існуючої системи тепlopостачання в місті Ірпінь

Характеристика системи тепlopостачання	Величина
Загальна довжина теплових мереж	18,896 км
Споживання теплової енергії в системі тепlopостачання за рік	42 137 Гкал
Виробництво теплової енергії джерелами теплогенерації за рік	48 065 Гкал
Втрати теплової енергії в мережах за рік	5 928 Гкал
Відносні втрати в теплових мережах	12,33 %

В системі тепlopостачання м. Ірпінь відсутнє централізоване ГВП. Графік споживання та виробництва теплової енергії на опалення по місяцям в місті Ірпінь представлено на рисунку 2.

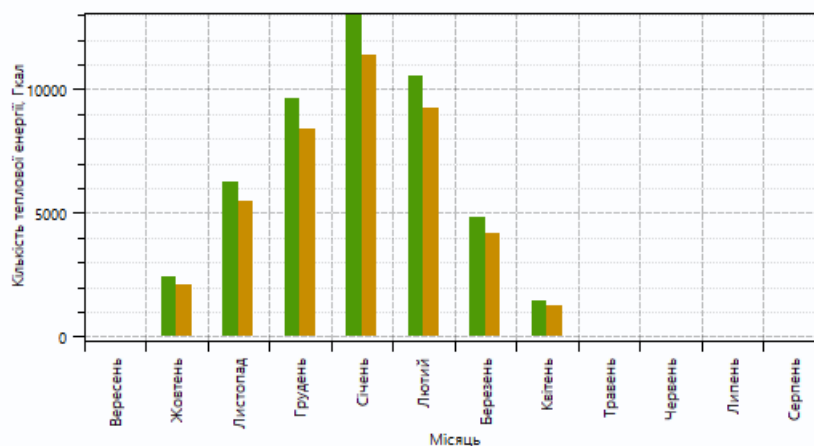


Рисунок 2 – Графік споживання та виробництва теплової енергії на опалення по місяцям в місті Ірпінь (зелений – величина виробництва, помаранчевий – величина споживання)

На основі визначеного стану системи тепlopостачання м. Ірпінь, спроектовано пов’язану систему теплових мереж і виробників (незалежних та основного). Нова спроектована система утворює основу для функціонування ринку теплової енергії в місті [6, 7].

Основні технічні характеристики системи для ринку теплової енергії представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Основні технічні характеристики системи тепlopостачання в місті Ірпінь при функціонуванні РТЕ

Характеристика системи тепlopостачання	Величина
Загальна довжина теплових мереж	33,661 км
Довжина новозбудованих теплових мереж	14,765 км
Споживання теплової енергії в системі тепlopостачання за рік	42 137 Гкал
Виробництво теплової енергії джерелами теплогенерації за рік	53 107 Гкал
Втрати теплової енергії в мережах за рік	10970 Гкал
Відносні втрати в теплових мережах	20,66 %

При створенні системи для ринку теплової енергії, за рахунок будівництва нових теплових мереж бачимо збільшення абсолютних та відносних втрат майже вдвічі відносно монопольного становища в місті.

Графік споживання та виробництва теплової енергії на опалення по місяцям в місті Ірпінь при функціонуванні РТЕ представлено на рисунку 3.

В моделі визначено 7 незалежних виробників, які підключають свої об’єкти теплогенерації до об’єднаної теплової мережі міста [8]. Кожен з виробників має власні ресурси, на основі яких впроваджує свою підприємницьку діяльність з виробництва теплової енергії. Кожен з виробників визначає свої капітальні витрати на будівництво об’єктів та експлуатаційні витрати на виробництво теплової енергії. Виходячи з цих показників, виробник прогнозує свій прибуток за сезон, враховуючи свою допустиму норму прибутку. Так складається прогнозований тариф, виходячи з кількості теплової енергії, яку виробник може продати за рік, яка в свою чергу визначається в залежності від коефіцієнту частки ринку, яка існує на ринку теплової енергії в даний час. Оптимальний коефіцієнт частки ринку визначений за допомогою моделі.

Залежність абсолютної ефективності ринку теплової енергії від коефіцієнта частки ринку представлений на рис. 4.

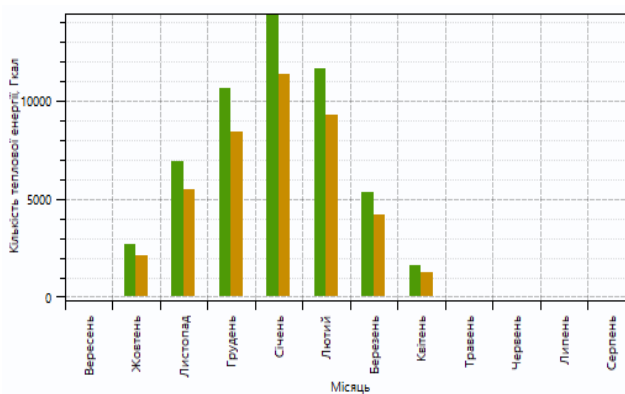


Рисунок 3 – Графік споживання та виробництва теплової енергії на опалення по місяцям в місті Ірпінь при функціонуванні РТЕ (зелений – величина виробництва, помаранчевий – величина споживання)

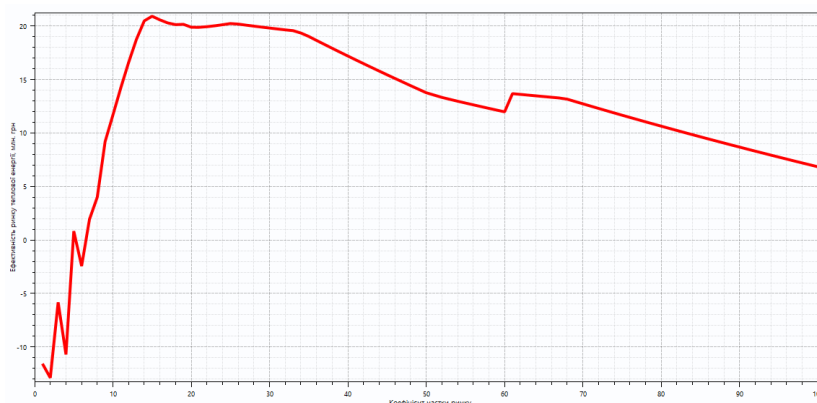


Рисунок 4 – Графік залежності абсолютної ефективності ринку теплової енергії від коефіцієнта частки ринку

Отже, оптимальний коефіцієнт частки ринку на основі проведених розрахунків становить 0,15. Характеристика виробників теплової енергії при функціонуванні РТЕ при коефіцієнті частки ринку 0,15 представлена в табл. 4.

Таблиця 4 – Характеристик виробників теплової енергії на РТЕ в м. Ірпінь

Назва виробника	Кількість об'єктів теплогенерації	Вид енергетичного ресурсу	Прогнозований тариф, грн./Гкал	Прогнозована норма прибутку, %	Ліміт теплової енергії за рік, Гкал
Основний виробник	23	Природний газ	1608,77	3	53107
Незал. виробник №1	3	Біомаса (дрова тріска)	1124,94	35	7927
Незал. виробник №2	2	Біомаса (пелети соломи)	1356,54	32	7927
Незал. виробник №3	2	Біомаса (дрова)	1281,12	40	7927
Незал. виробник №4	3	Біомаса (пелети соняшника)	1366,58	36	7927
Незал. виробник №5	1	Біомаса (пелети деревини)	1006,5	33	7927
Незал. виробник №6	2	Торф (пелети)	1257,41	34	7927
Незал. виробник №7	2	Енергія навколишнього середовища	886,73	30	7927

На основі поданих заявок виробників, які містять кількість теплової енергії та ціну на неї, за яку виробники готові її продати проводиться аукціон, де визначаються виробники які будуть виробляти і продавати теплову енергію за вказаною в заявці ціною. Результати проведення аукціону представлені в табл. 5 та 6.

Таблиця 5 – Результати проведення аукціону на ринку теплової енергії, Гкал (за опалювальний сезон)

№	Назва виробника	Жовтень	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Сума
1	Виробник №7	398,3	1035,6	1593,2	2111,5	1752,5	796,6	239,0	7927
2	Виробник №5	398,3	1035,6	1593,2	2015,5	1752,5	796,6	239,0	7927
3	Виробник №1	398,3	1035,6	1593,2	2063,5	1752,5	796,6	239,0	7927
4	Виробник №6	398,3	1035,6	1593,2	2111,5	1752,5	796,6	239,0	7927
5	Виробник №3	398,3	1035,6	1593,2	2111,5	1752,5	796,6	239,0	7927
6	Виробник №2	398,3	1035,6	1593,2	2111,5	1752,5	796,6	239,0	7927
7	Виробник №4	265,5	690,4	1062,1	1814,1	1168,4	531,1	159,3	5691
8	Основний виробник	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 6 – Фінансові результати проведення аукціону на ринку теплової енергії (за опалювальний сезон)

№	Назва виробника	Виторг, грн.	Витрати, грн	Прибуток, грн	Відхилення, грн	Рентабельність, %
1	Виробник №7	7 028 836	3 141 885	3 886 950	0	55,3
2	Виробник №5	7 881 634	6 828 732	1 052 902	0	13,36
3	Виробник №1	8 863 099	6 708 699	2 154 400	0	24,31
4	Виробник №6	9 967 122	8 718 730	1 248 392	0	12,53
5	Виробник №3	10 155 112	9 201 221	954 891	0	9,39
6	Виробник №2	10 752 899	8 655 560	2 097 339	0	19,5
7	Виробник №4	7 777 272	6 936 985	840 287	-1 370 651	10,8
8	Основний виробник	0	6 222 469	- 6 222 469	-6 344 735	0

За результатами проведеного аукціону маємо результати з точки зору фінансових показників кожного з виробників, а також сумарні величини, які характеризують ефективність ринку теплової енергії. В табл. 7 представлені результати роботи ринку теплової енергії в місті Ірпінь.

Таблиця 7 – Прогнозовані результати роботи РТЕ в м. Ірпінь (за опалювальний сезон)

	При функціонуванні РТЕ без компенсації	При функціонуванні РТЕ з компенсацією	При відсутності РТЕ
Вартість спожитої теплової енергії, грн.	62 425 801	68 648 270	77 325 682
Середній тариф для споживача, грн/Гкал	1175,47	1292,63	1608,77
Абсолютна вигода для споживачів, грн	14 899 880	8 677 411	-
Абсолютна вигода для виробників, грн	6 011 645	12 234 161	-
Абсолютна ефективність РТЕ	20 911 573	20 911 573	-
Відносна вигода для споживачів, %	19,27	11,22	-
Відносна вигода для виробників, %	7,77	15,82	-
Відносна ефективність РТЕ, %	27,04	27,04	-

Згідно формули (4) розраховано суму капітальних затрат на створення ринку теплової енергії в місті Ірпінь згідно існуючих технічних засобів на даний момент:

$$C_{\Sigma}^{\text{РТЕ}} = C_{\Sigma}^{\text{В}} + C_{\Sigma}^{\text{ТО}} + C_{\Sigma}^{\text{С}} + C_{\Sigma}^{\text{ДО}} = 20 + 90 + 20 + 10 = 140 \text{ млн. грн}$$

За визначеними результатами функціонування РТЕ в м. Ірпінь визначено простий термін окупності за формулою (20):

$$T^{\text{пр}} = \frac{C_{\Sigma}^{\text{РТЕ}}}{E} = \frac{140\,000\,000}{20\,911\,573} \approx 6,7 \text{ років}$$

Розраховано дисконтований термін окупності РТЕ в місті Ірпінь за формулами (18) та (19) при умові $i = 14\%$. Результати розрахунку для кожного с років представлено в табл. 8. Графік залежності NPV від року представлений на рис. 5.

Таблиця 8 – Розрахунок дисконтованого терміну окупності РТЕ в м. Ірпінь

Рік	NPV (i), млн. грн.
0	-140,00
1	-119,09
2	-100,74
3	-84,65
4	-70,54
5	-58,16
6	-47,30
7	-37,77
8	-29,41
9	-22,08
10	-15,65
11	-10,01
12	-5,06
13	-0,72
14	3,08

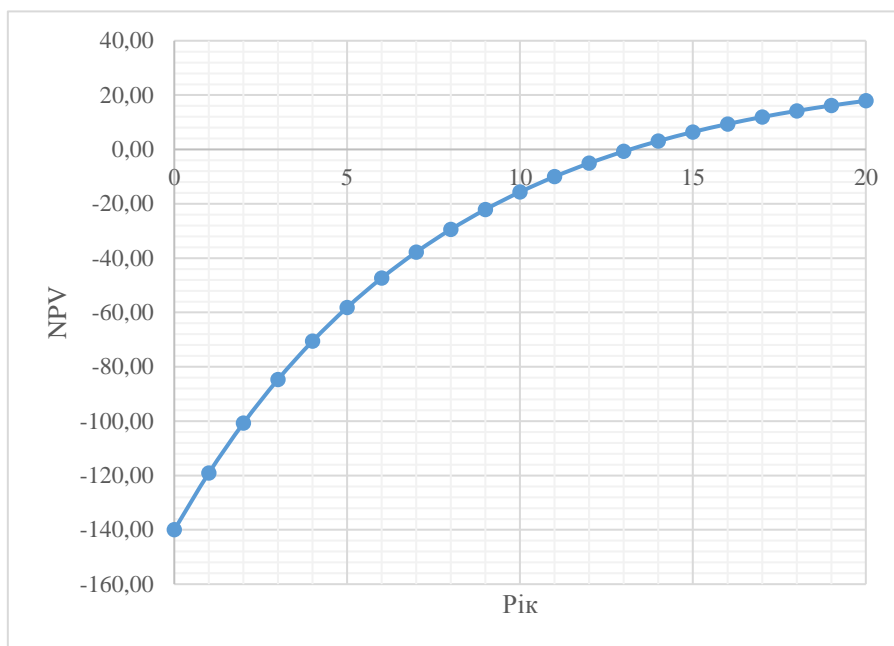


Рисунок 5 – Графік залежності NPV від року

Отже, дисконтований термін окупності РТЕ в м. Ірпінь становить:

$$T = (14 - 1) + \frac{0,72}{3,08 - (-0,72)} \approx 13,2 \text{ років}$$

Висновки

В даній роботі був визначений перелік необхідних технічних засобів для створення ринку теплової енергії. Без забезпечення ринку теплової енергії цими засобами, його функціонування неможливе, тому наведена класифікація щодо зон відповідальності при створенні РТЕ: зона виробників, зона теплостачальної організації, зона споживачів, зона органів державної влади. Наведено розрахунок капітальних витрат відповідно до класифікації зон відповідальності при створенні РТЕ.

У цій роботі проведено аналіз умов функціонування ринку теплової енергії для міста Ірпінь. За результатами моделювання взаємодії 8 виробників, які мають різні технології виробництва теплової енергії на ринку об'ємом споживання в 42 тис. Гкал, оптимізовано коефіцієнт частки ринку згідно визначених умов на ринку теплової енергії, який дорівнює 0,15.

В програмному забезпеченні «Thermal Energy Market» визначено, що при оптимальному коефіцієнті частки ринку, який складає 0,15, при тарифі основного виробника в 1608,77 грн./Гкал, середньозважений тариф для споживачів буде приблизно на 20 % нижче при функціонуванні ринку теплової енергії і складає 1292,63 грн./Гкал. Згідно результатів моделі, відносна ефективність ринку теплової енергії в місті Ірпінь при заданих умовах склала 27,04 %.

На основі розрахованої величини капітальних витрат для створення РТЕ в місті Ірпінь простий термін окупності РТЕ складає 6,7 років, а дисконтований термін окупності складає 13,2 років при ставці дисконту 14 %. В роботі не визначалися джерела фінансування створення РТЕ.

На термін окупності ринку теплової енергії можуть мати вплив наступні параметри: кількість незалежних виробників, об'єм споживання теплової енергії, втрати в теплових мережах, капітальні витрати на створення РТЕ, ставка дисконту, коефіцієнт частки ринку, правила визначення коефіцієнту частки ринку та ефективності РТЕ. Виходячи з цього, важливим є визначення параметрів які найбільше впливають на результати моделі.

Ринок теплової енергії, окрім економічних показників, може мати вплив на такі параметри як екологічна ситуація в регіоні, з точки зору використання місцевих ресурсів з метою їх утилізації, шкідливі викиди (наприклад, якщо мали місце джерела енергії в якості кам'яного або бурого вугілля) та надійність теплостачання в системі. Всі ці показники тим чи іншим чином можуть бути виражені в грошовому еквіваленті і мати вплив на загальний термін окупності місцевого проекту зі створення РТЕ.

Список використаної літератури

1. Карпенко Д.С., Дешко В.І. Побудова ефективної моделі ринку теплової енергії в реаліях України. Енергетика та електрифікація, 2016, с 18-23.

2. Семенов В.Г. Оценка возможности организации конкуренции в системах теплоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=316.

3. Дешко В.І., Замулко В.І., Карпенко Д.С., Оцінка ефективності функціонування локального ринку теплової енергії. Проблеми загальної енергетики 3(50), 2017, с 41-49.

4. Роберт С. Пиндайк, Дэниел Л. Рубинфельд, Микроэкономика, 2001.

5. Дешко В.І., Карпенко Д.С., Імітаційне моделювання та оптимізація ринку теплової енергії. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів і систем», Том 2, - с. 231-232

6. Папушкин В.Н. Радиус теплоснабжения. Хорошо забытое старое - Журнал «Новости теплоснабжения», № 9 (25), сентябрь, 2010, С.44 – 49.

7. Папушкин В.Н., Полянецв С.О., Щербаков А.П., Храпков А.А., Методика расчета радиуса эффективного теплоснабжения для схем теплоснабжения [Электронный ресурс]. – http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1601.

8. Шевцов А.І., Бараннік В.О., Земляний М.Г., Рязова Т.В. Стан та перспективи реформування системи тепло забезпечення в Україні. Аналітична доповідь.

V. Deshko, Dr. Eng. Sc., Prof. **ORCID** 0000-0002-8218-3933

D. Karpenko, Ph.D. student, **ORCID** 0000-0002-8022-9782

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS OF THE CREATION OF THE THERMAL ENERGY MARKET IN UKRAINE

The features of the thermal energy market and their influence on its efficiency are described. The technical means of the thermal energy market and their distribution into four zones are defined: the zone of producers, the district heating supply organization zone, the zone of consumers and the zone of state control. The components of capital expenditures for the creation of the heat energy market are described. The essence of the thermal energy market model and the method of calculation of financial indices of thermal energy producers are described. The concept of the thermal energy market efficiency and its payback period are formalized. The project of the thermal energy market in the city of Irpin (Ukraine, Kyiv region) was developed in the author's software "Thermal Energy Market". The basic technical characteristics of the heating system in Irpin under conditions of a monopoly and under conditions of competition are determined. Based on the model, the calculation of the thermal energy market efficiency, the optimal coefficient of market share, and its simple and discontinued payback period in the heat supply system with one main thermal energy producer and seventh independent producers using their own technological processes and sources of energy have been made.

Keywords: thermal energy market, technical and economic analysis, energy sources, efficiency, payback period, heat supply system.

References

1. Karpenko DS, Dshko V.I. Construction of an effective model of the thermal energy market in the realities of Ukraine. Power Engineering and Electrification, 2016, p. 18-23.

2. Semenov VG Assessment of the possibility of competition in heat supply systems [Electronic resource]. - Access mode: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=316.

3. Dshko VI, Zamulko VI, Karpenko DS, Estimation of efficiency of functioning of the local market of thermal energy. Problems of general energy 3 (50), 2017, p 41-49.

4. Robert S. Pindike, Daniel L. Rubinfeld, Microeconomics, 2001.

5. Dshko V.I., Karpenko D.S., Simulation and optimization of the heat energy market. Materials of the VIII international scientific and practical conference "Integrated quality assurance of technological processes and systems", Volume 2, - p. 231-232

6. Papushkin VN Radius of heat supply. Well forgotten old - The magazine "News of heat supply", № 9 (25), September, 2010, p.44 - 49.

7. Papushkin VN, Polyantsev SO, Shcherbakov AP, Khrapkov AA, Method of calculating the radius of effective heat supply for heat supply schemes [Electronic resource]. - http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1601.

8. Shevtsov A.I., Barannik V.O., Zemlyanii M.G., Ryuzova T.V. The state and prospects of reforming the heat supply system in Ukraine. Analytical report.

В.И. Дешко, д-р. техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-8218-3933

Д.С. Карпенко, асп. ORCID 0000-0002-8022-9782

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ РЫНКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В УКРАИНЕ

Описаны особенности рынка тепловой энергии и их влияние на ее эффективность. Определены технические средства рынка тепловой энергии и их распределение по четырем зонам: зона производителей, зона организации централизованного теплоснабжения, зона потребителей и зона государственного контроля. Описаны компоненты капитальных затрат на создание рынка тепловой энергии. Описана сущность модели рынка тепловой энергии и метод расчета финансовых показателей производителей тепловой энергии. Формализована концепция эффективности рынка тепловой энергии и периода ее окупаемости. Проект рынка тепловой энергии в городе Ирпень (Украина, Киевская область) был разработан в авторском программном обеспечении «Рынок тепловой энергии». Определены основные технические характеристики системы отопления в Ирпине в условиях монополии и в условиях конкуренции. На основе модели, расчет эффективности рынка тепловой энергии, оптимальный коэффициент доли рынка и его простой и прекращенный период окупаемости в системе теплоснабжения с одним основным производителем тепловой энергии и семью независимыми производителями, использующими собственные технологические процессы и источники энергии.

Ключевые слова: рынок тепловой энергии, технико-экономический анализ, источники энергии, эффективность, срок окупаемости, система теплоснабжения.

Надійшла 12.06.2018

Received 12.06.2018