

УДК 711.551

Атаманчук В.В.

## ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД В СИСТЕМНОМУ ПІДХОДІ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛОЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТА

Ефективна робота міської енергосистеми передбачає як надійне тепло-, електропостачання (без збоїв) вже існуючих споживачів, так і приєднання додаткових міських навантажень, оскільки не може бути здійснена без введення нових генеруючих потужностей. При цьому необхідно враховувати, що заходи, які забезпечують інтенсифікацію енергозбереження, мають значно більш високу рентабельність в порівнянні з нарощуванням енергоресурсів. Відповідно, найбільш раціональним виходом із ситуації, що склалася, є перехід до таких заходів, які забезпечують економію обмежених паливних ресурсів на шляху повного циклу використання енергії первинного палива (від генерації до споживання).

В Західній Європі і розвинених промислових країнах досить відомі і широко використовуються децентралізовані джерела тепло- і електропостачання – автономні теплоелектростанції (міні-ТЕЦ). Вони посіли важливе місце на ринку світової енергетики і продовжують завойовувати його. Даний принцип енергозабезпечення житлових мікрорайонів сприяє активізації енергозбереження, а також містить у собі два важливих елементи – економічну ефективність і екологічну безпеку. Проте ефективність впровадження міні-ТЕЦ як одного з варіантів вирішення проблеми задоволення зростаючої потреби в тепловій і електричній енергії для міст нашої країни ще потребує зваженого містобудівного аналізу й серйозного обґрунтування.

Перш за все, слід проаналізувати існуючий стан міських енергоджерел, виявити їх максимальну енергопродуктивність і здатність задовольнити потреби міста в енергетичних навантаженнях. Необхідно виявити недоліки й проблеми наявної системи енергопостачання та проаналізувати можливість доповнення невисотаючих потужностей шляхом введення додаткових енергопродукуючих об'єктів.

В підвищенні ефективності теплозабезпечення міста необхідно враховувати важливість системного підходу до активізації енергозбереження. Що ж являє собою система? Найчастіше її складає об'єктивна єдність **закономірно пов'язаних** між собою предметів і явищ, тобто обов'язковою ознакою системи є наявність зв'язків між об'єднаними у ній складовими частинами, названими елементами системи. Однакові елементи в залежності від об'єднуючих їх закономірностей можуть утворювати різні за своїми

властивостями системи. Характеристики системи в цілому визначаються не тільки й не стільки характеристиками її складових елементів (які, звичайно, мають досить суттєве значення), скільки характеристиками *взаємозв'язків* між ними.

Складні системи мають особливу властивість, якою є організаційна складність. Дана властивість визначає наявність в системі таких характеристик, які не є простою сумою характеристик складаючих систему елементів, а властива тільки системі як визначеній цілісності. Система в цілому якісно відрізняється від суми складових її частин, має властивості, яких немає в її елементів. Важливо розуміти, що згадувані нові властивості визначаються саме взаємозв'язками між елементами. Одне з важливих положень системного підходу полягає в наступному: ***якщо кожену частину системи змусити функціонувати з максимальною ефективністю, то в результаті система як ціле ще не буде функціонувати з максимальною ефективністю.*** Не зважаючи на це, в разі виникнення складних системних проблем у нашій країні вони часто розділяються на вирішувані частини. Після цього вирішують кожену частину проблеми найкращим чином, а результати подібних автономних зусиль об'єднують у вирішення повної проблеми. Однак сума найкращих рішень, отриманих для окремих частин не стає найкращим або оптимальним (а іноді й раціональним) рішенням для цілої системи, в чому можемо пересвідчитися на прикладі наявної системи теплопостачання.

Особливість протиріч між частинами й цілим найчастіше проявляється в спробах координувати поведінку частин системи, коли для них встановлюються показники ефективності, які протирічать між собою. В дійсності формулювання даних показників як правило виходить з передумови, що найкраще функціонування цілого може бути зведене до суми найкращих функціонувань його частин, оцінених окремо. Але дана передумова протирічить принципу системності. Тому необхідний інший, більш ефективний спосіб організації складових частин системи, що особливо є актуальним у випадку об'єктів енергопостачання в системі теплозабезпечення міста.

Попередні дослідження показують, що в наш час оптимізація системи теплозабезпечення як важливого елементу стратегії міського розвитку є одною з найменш досліджених проблем. Детальне вивчення механізмів міського розвитку проводилося рядом авторів, однак комплексному характеру підвищення енергоефективності теплопостачання останнім часом не приділялося належної уваги. Генеральний план розвитку й реконструкції міста до останнього часу був єдиним комплексним документом, який характеризував передбачуване майбутнє міста, але важко знайти хоча б один приклад повного його втілення у життя. Основна складність полягає в багатоаспектності й

багатофакторності предмету дослідження, оскільки місто, як і його складові структури, відноситься до багатокритеріальних динамічних систем.

Сьогодні досить важливі й варті особливої уваги наукові розробки, направлені на пошук і обґрунтування нових підходів та методів системного підвищення ефективності теплозабезпечення міста, проводяться провідними науково-дослідними інститутами відповідної галузі в країнах Західної Європи та Америки. Одною з подібних закордонних робіт, присвячених проблемам централізованого теплопостачання і комбінованого вироблення електроенергії й тепла, стало дослідження, виконане в співпраці вчених Великобританії, Данії, Нідерландів та Фінляндії при підтримці спеціалістів з Канади. Проект проводився в межах науково-дослідної програми Міжнародного енергетичного агентства і був представлений кінцевим додатком на заключному Європейському семінарі в межах Конгресу “Euroheat & Power”, який відбувся в Берліні у червні 2005-го року.

В задачі дослідження входив аналіз двох порядків використання ТЕЦ в централізованому теплопостачанні (ЦТ). Перший порядок стосувався крупних систем на прикладі існуючих в країнах Скандинавії, Східної Європи і в Південній Кореї. Другий порядок базувався на ізольованих системах невеликої потужності – за матеріалами існуючих в Нідерландах, Великобританії і в Данії (в невеликих населених пунктах Данії, де більш відомі крупні ТЕЦ/ЦТ). Моделі аналізувалися з точки зору своєї енергоефективності для міста, економічної вигідності, ступеню впливу на оточуюче середовище та іншими ключовими показниками.

**Типове місто.** Для того, щоб дослідити увесь спектр застосування схеми комбінованого вироблення тепла й електроенергії від індивідуальних установок в окремих будинках до крупних об’єктів в межах всього міста, в дослідженні проводився порівняльний аналіз систем теплопостачання чотирьох типів. Кожна з систем повинна була забезпечити типове місто теплом і електроенергією.

Потрібно було змодельовати систему, яка являла б собою типове європейське місто. Чисельність населення вивели, порівнявши дані по 500 найкрупніших містах Європи. Саме місто було змодельоване за даними по трьох містах Великобританії з населенням від 250000 до 500000 мешканців. Використовувалися дані по площах територій, типах і площах будинків для кожного поштового округу кожного з англійських міст, що дозволило розрахувати потребу в тепловій і електричній енергії. Наявні дані також дозволили визначити потребу в енергії в кожному районі, оскільки в центрі міста щільність населення вища.

Були враховані відмінності теплових навантажень протягом року і протягом доби, і до моделі були включені профілі навантажень стосовно тепла і електроенергії. Місто мало доступ до мережі газопостачання і до національної електромережі.

**Чотири мережі.** Спектр можливостей постачання типового міста тепловою і електричною енергією був змодельований для чотирьох різних моделей за двома різними порядками. Для кожної з чотирьох моделей була обрана своя технологія використання комбінованого виробництва теплової і електричної енергії зі своєю схемою системи ЦТ або її відсутності в одній моделі:

- Модель А – місто в цілому
- Модель В – район
- Модель С – локальна мережа (від районної мережі до будинку)
- Модель D – будинок

У всіх чотирьох моделях в якості палива передбачався природний газ.

“Модель А – місто в цілому” – схема з одною крупною газотурбіною установкою замкненого циклу, розташованою на зовнішній межі міста. Потужність установки була визначена приблизно в 500 МВт. Система ЦТ, поставляюча тепло на все місто, включала мережі теплопередачі і районні розподільчі мережі. Розподільчі мережі повинні були, в свою чергу, постачати теплом окремі групи будинків через локальні мережі.

“Модель В – район” – схема з обмеженою кількістю газотурбінових об’єктів теплоенергопостачання замкненого циклу – по одній установці на кожен район. Потужність від 30 МВт до 100 МВт. Мережі теплопередачі ЦТ тут не було, тепло надходило від кожної установки по ізольованим розподільчим мережам до локальних мереж району.

“Модель С – місцева мережа” являла собою схему, влаштовану на використанні великої кількості об’єктів теплоенергопостачання з газовими двигунами іскрового запалювання, кожна з яких повинна була постачати тепло в локальні мережі. Передбачалася потужність від 1 МВт до 30 МВт.

“Модель D – будинок” – схема, де кожен будинок або невеликий комплекс будинків мають свій вузол тепло-електропостачання, а саме мікротурбіну або газовий двигун іскрового запалювання. В цій схемі не передбачалося мережі ЦТ. Передбачувана потужність об’єктів теплоенергопостачання – від 750 Вт до 1 МВт.

В якості еталонної або альтернативної моделі була прийнята модель з індивідуальними котлами на газіві. Для цієї моделі передбачалося, що електроенергія в місто постачається з крупної газотурбінової установки і подається по національній електромережі.

**Схема мережі.** Для того, щоб робити висновки, потрібно було розробити схему мережі, зокрема й через те, що вона потребує суттєвих капіталовкладень. Параметри, які мали враховуватися, свідчать про те, наскільки важливий вибір схеми мережі в різних умовах, оскільки сама схема може зумовити той чи інший результат для міста. Теплові мережі моделювалися в трьох рівнях: мережа теплопередачі, розподільчі мережі й локальні мережі. Враховувалися також фактори, які впливали на затрати по прокладанню теплових мереж в даному районі, приймалася до уваги проектна різниця робочих температур і тисків, довжина мереж, необхідних для постачання потрібної кількості тепла, а також заходи, необхідні для забезпечення максимальних навантажень.

**Порівняння моделей.** Порівняння чотирьох схем проводилося на основі оцінки дисконтованих потоків на повний термін функціонування кожної моделі. До даної оцінки входили загальні капітальні затрати на будівництво установок комбінованого виробництва, систем ЦТ і постачання тепла споживачам, а також експлуатаційні витрати.

Були розглянуті різні порядки в процесі семирічного періоду розвитку, під час якого об'єкти теплоенергопостачання, мережі і розвітвлення теплових мереж наберуть потужність від 0 до 100%. Для "Моделі D – будинок" був передбачений лінійний розвиток і за капітальними затратами, і за тепловим навантаженням. Для трьох інших моделей передбачалося, що вони будуть будуватися різними темпами в залежності від складності кожної системи порівняно з моделлю D. Модель D забезпечувала найвищий рівень теплового навантаження вже на ранньому етапі 7-річного періоду, і, в той же час рівень капітальних витрат тут був нижчий, ніж в трьох інших моделях.

Також були проведені порівняння за двома напрямками. По-перше, порівняння економічних параметрів, де були підраховані вартість на повний термін роботи з постачання тепла і електроенергії місту. По-друге, було проведене порівняння екологічних параметрів, і на основі енергетичного балансу були підраховані шкідливі викиди для всіх чотирьох моделей.

Окрім порівняння впливу на оточуюче середовище обговорювалася можливість використання джерел тепла на поновлюваному паливі. Передбачалося, що використання біомаси або побутових відходів у виробництві теплової та електричної енергії в комбінований спосіб буде доцільним тільки в крупних системах, представлених в дослідженні моделями А і В.

Аналіз чутливості був проведений за чотирма ключовими аспектами, зокрема:

- Щільністю теплових навантажень

- Затратами на імпорт газу та електроенергії
- Капітальними затратами з урахуванням коефіцієнту дисконтування
- Затратами на мережі

Під впливом того факту, що місцеві умови можуть здійснювати значний вплив на всі параметри, було рекомендовано при проведенні аналогічних досліджень в кожній конкретній країні враховувати місцеві розцінки й особливості постачання енергії. З іншого боку, отримані результати визнано універсальними, а зроблені висновки мають повсюдне значення.

Порівняння виявило, що “Модель А – місто в цілому” – економічно життєздатний сценарій використання комбінованого вироблення теплової та електричної енергії, оскільки система на рівні всього міста найбільш ефективна, а капітальні затрати на газотурбінну установку замкненого типу відносно низькі. Але *вартість навіть невеликої мережі ЦТ настільки висока, що не може бути компенсована підвищенням ефективності або більш низькою вартістю крупніших систем ТЕЦ*, тобто навіть більш висока рентабельність і більш низький рівень капітальних затрат на крупні теплоелектростанції, які працюють на викопному паливі, не здатен виправдати надто значні затрати на будівництво крупної мережі централізованого тепlopостачання. Окрім того, порівняння показало, що нові технології міні й мікро ТЕЦ надають переваги даного підходу перед іншими підходами до вирішення проблем теплоенергозабезпечення міста. Однак діяти слід з обережністю, оскільки дані системи потребують ретельного регулювання.

### Використані джерела

1. Офіційний інтернет-ресурс Агенства з раціонального використання енергії та екології
2. Офіційний інтернет-ресурс Національного агенства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів
3. Офіційний інтернет-ресурс журналу “Архітектура і будівництво” (Білорусь)
4. Плешкановська А.М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій. – К.: Вид., 2005. – 190 с.
5. Бочаров Ю.П., Фильваров Г.И. Производство и пространственная организация городов. – М.: Стройиздат, 1987. – 256 с.

### АНОТАЦІЯ

В статті розглядається існуюче ставлення до стану ефективності роботи міської енергосистеми з характеристикою можливих шляхів виходу з ситуації,

що склалася; розкривається міжнародний досвід активізації енергозбереження житлових мікрорайонів з аналізом можливості впровадження вказаних заходів для міст нашої країни; наведені принципові положення в досягненні такого стану існування складних систем, у якому вони функціонували б із максимальною ефективністю для міста в цілому, а також прослідковано важливість впливу на властивості системи взаємозв'язків між її складовими елементами; обґрунтовується необхідність врахування сукупності усіх зв'язків складових елементів системи теплозабезпечення в єдиній узгодженій стратегії її розвитку; висвітлені основні результати дослідження різних моделей системи теплоенергозабезпечення міста, проведеного закордонною групою наукових організацій галузі.

### **АННОТАЦІЯ**

В статье рассматривается существующее отношение к состоянию эффективности работы городской энергосистемы с характеристикой возможных путей выхода из сложившейся ситуации; раскрывается международный опыт активизации энергосбережения жилых микрорайонов с анализом возможности внедрения указанных мер для городов нашей страны; приведены принципиальные положения в достижении такого состояния существования сложных систем, в котором они функционировали бы с максимальной эффективностью для города в целом, а также прослежена важность влияния на свойства системы взаимосвязей между её составными элементами; обосновывается необходимость учёта совокупности всех связей составных элементов системы теплообеспечения в единой согласованной стратегии её развития; освещены основные результаты исследования различных моделей системы теплоэнергообеспечения города, проведённого заграничной группой научных организаций отрасли.