

УДК 711.551

Атаманчук В.В.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ Й ШЛЯХИ ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ

Система теплопостачання міста – одна з наймасштабніших і наукоємних систем, яка на даний час в містах нашої країни знаходиться в умовах, що суттєво відрізняються від початкових. Ефективні режими систем теплопостачання з мінімальними втратами енергії та ресурсів є основою роботи комплексу, який забезпечує нормальні умови проживання міського населення. Вказані системи є не тільки “кровоносними судинами” державної економіки, але й важливим елементом системи життєдіяльності, вони відіграють суттєву роль практично у всіх сферах народного господарства країни. Індустріалізація нових регіонів і територій, інтенсивне будівництво житла, розвиток централізованого теплопостачання призвели до значного зростання теплових навантажень як в промисловості, так і в комунальному комплексі. Виникла необхідність створення нових джерел теплової і електричної енергії. Відбулося суттєве зростання одиничної потужності ТЕЦ, збільшилися початкові параметри пари. Зросли також магістральні та “вторинні” розподільчі мережі, до старих мереж під’єдналися нові споживачі пари та гарячої води. Отримали розвиток технологічні установки нового покоління.

В той же час досвід експлуатації систем теплопостачання зі значним приєднаним навантаженням показує, що затрати на утримання систем транспорту й розподілу тепла стають суттєвими і, в процесі їх старіння, визначальними при подальшій оцінці ефективності всієї системи в цілому. Сучасні системи централізованого енергозабезпечення з різним навантаженням є розгалуженими й розподіленими системами, зазвичай оберненого типу.

Розрахункові параметри багатьох систем теплопостачання у визначений рік експлуатації значно відрізняються від розрахункових проектних параметрів, що призводить до розрегулювання теплових і гідравлічних режимів. Окремі райони міст при цьому можуть отримувати тепла понад необхідної кількості, інші – витримують дефіцит тепла. Підвищуються витрати теплоносія і електроенергії на його розподіл по мережі. Існуючі методики розрахунку параметрів теплових мереж не враховують територіальних особливостей визначених мереж і забезпечують точність не вищу 20-30%. Ключові особливості територіально розподілених централізованих систем енергозабезпечення:

- загальна цілісність системи та єдиний теплоносій;

- різноманітне багатфункціональне обладнання на різних рівнях системи;
- різний стан ділянок і елементів системи.

В останні роки нарощування систем централізованого теплопостачання відбувалося практично тільки за рахунок приєднання нових будинків і мікрорайонів з розподільчими мережами. Інфраструктурна реконструкція теплових магістралей проводилася вкрай недостатньо. Умови функціонування вказаних мереж в різних містах і регіонах країни відрізняються настільки значно, що в ряді випадків загальна картина змінюється якісно (як за джерелами, так і безпосередньо за структурами мереж). Приєднання нових районних котельних також здійснювалося за найрізноманітнішими схемами, в залежності від містобудівної ситуації в регіоні й ряду інших факторів. Існують міста й регіони, де досі працюють безнадійно застарілі ТЕЦ малої потужності з більш, ніж п'ятдесятирічним періодом експлуатації. В зв'язку з цим значну частину теплового навантаження беруть на себе інші, інколи промислові ТЕЦ.

Підвищення частки централізованого теплопостачання в містах призвело до виникнення нової системної проблеми – ускладнення центрального балансового регулювання по всьому комплексу споживачів тепла різної якості. Дана проблема особливо актуальна у тих містах, де частка ТЕЦ перевищує 60-70% загального навантаження. Суттєві зміни до режиму функціонування всієї мережі вносять автономні установки. Спричинене падіння температури теплоносія призводить до різкого скорочення тепловіддачі, невивантаження теплоти в будинку, підвищує температури поверненого теплоносія, погіршує режим функціонування ТЕЦ при комбінованому виробленні тепла та електроенергії, в кінцевому рахунку призводить до суттєвого системного падіння ефективності всього комплексу.

Звичайно, різноманітні фактори зниження повної ефективності систем централізованого теплопостачання достатньо відомі спеціалістам, але малодослідженим залишається питання, наскільки їх поєднання в кожному конкретному випадку визначає картину, що склалася у окремих регіонах. Слід виділити наступні основні системні фактори зниження ефективності роботи систем централізованого теплопостачання:

- спрацьованість магістральних і розподільчих мереж;
- незбалансовані режими функціонування різних ділянок системи;
- активний вплив на режим роботи мережі сторонніх чинників.

Унікальність ситуації кожної розподіленої системи централізованого теплопостачання викликає важливі методичні наслідки:

- наявність різноманітних споживачів енергоресурсів визначає баланси й дисбаланси в режимах енерговикористання;

- часті оптимізаційні рішення не здатні виправити ситуацію по всій системі;
- застосування неузгодженого індивідуального регулювання може призвести до збільшення дисбалансів;
- пошук основних резервів і потенціалів енергозбереження в ряді випадків передбачає багатофакторний аналіз;
- принципово важливим є поетапне узгодження балансів від первинних споживачів до розподільчих мереж і системи в цілому.

Централізовані теплопостачальні об'єкти й комплекси різного складу й розміру є найбільш розгалуженою й розподіленою системою як за електричним, так і за тепловим навантаженням. Базові магістралі розгалужуються на десятки субмагістралей, далі – десятки інтегральних об'єктів (будинків), кожен з яких може включати десятки й сотні конкретних споживачів. Сукупний ступінь розподілення на 3-4 рівнях ієрархії може досягати кількох тисяч споживачів, розташованих на площі в кілька тисяч гектар. Тобто створені структури теплоенергопостачання, які у великих містах сформовані в основному на базі централізованих систем з крупними джерелами тепла й електроенергії, є складними ієрархічними системами. В залежності від особливості приєднання й енергокліматичних параметрів об'єктів споживачі здійснюють регулювання споживання різних теплоенергетичних ресурсів.

Проблема полягає в тому, що подібна розподілена система, яка функціонально забезпечує прийнятне постачання енергоносіїв різної якості тисячам споживачів, не передбачає поєднання вище вказаного з регулюванням. При цьому щільність теплового навантаження в 1-3 МВт/га потребує розгалуженої системи приєднання споживачів до загальних джерел енергії з відповідним забезпеченням **балансового регулювання, здійснення якого лише централізованим чином в даний час практично неможливе**. Саме виникаючі дисбаланси енергії різної якості є основним фактором зниження ефективності функціонування, фізичних втрат енергоресурсів та аварійних ситуацій. Для будинків, які зв'язані єдиною розподільчою мережею в межах одного мікрорайону незбалансованість режимів призводить до суттєвих переопалень по всьому комплексу в цілому, які сягають до 18%.

Аналіз процесів теплозабезпечення просторово розподілених об'єктів з допомогою існуючих підходів і методик дає результати тільки в напрямі вдосконалення безпосередньо об'єктів, **але не зв'язкам між ними або системним особливостям їх взаємного функціонування**. Разом з тим вже системи енергопостачання будинків містять ознаки розподіленості, які обумовлюють особливий характер їх функціонування, особливості регулювання і управління системою. Отже, принципово важливим сьогодні є

створення *методичних принципів оцінки ефективності всієї системи або комплексу із поділом на складові частини, які дозволять виявляти критичні ланки в енергозбереженні*, виникає необхідність використання нового методу аналізу оптимізації розподілених систем теплозабезпечення.

Проблему створення надійного, стійкого та ефективного теплозабезпечення в наш час доволі часто споріднюють з підбором джерел енергії, наполегливо пропагуючи автономне теплопостачання та посиляючись на вибраний закордонний досвід. Але кліматичні параметри та соціально-екологічні обмеження Європейських країн визначають іншу роль систем життєзабезпечення. До того ж застосування різноманітних засобів ряду зарубіжних організацій найчастіше носить лише *фрагментарний характер*, обумовлений проблемами обмеженого плану. Оскільки, як зазначалося раніше, ситуація в кожній розподіленій системі теплопостачання є достатньо унікальною, покладатися на пропонувані в якості оптимізаторів вбудовані автономні джерела не є доцільним.

Ступінь централізації теплоенергопостачання, таким чином, виявляється набагато більш вагомим фактором забезпечення важливих потреб міста, ніж поспішні спорудження різних автономних джерел теплової енергії. Однак *постійні намагання оцінити й порівняти можливу ефективність тих чи інших систем ще не проявляє базового питання забезпечення належних зв'язків між їх складовими*. Особливістю розподілених об'єктів і систем є те, що простий набір частих рішень далеко не завжди призводить до підвищення системної ефективності. Отже, узгодження передумов ефективної роботи територіально розподілених систем теплоенергопостачання є вкрай важливим підрозділом державної політики енергозбереження. А прийняття будь-яких оптимізаційних рішень має ґрутуватися на розумінні проблематики їх енергетичної ефективності. Для вказаного розуміння необхідно проаналізувати особливості еволюціонування систем вітчизняного теплоенергопостачання.

Масове будівництво житла в країні в основному відбувалося за рахунок типових будинків з відомими характеристиками. Системи теплоенергопостачання споруджувались і проектувались в розрахунок на максимальне проектне навантаження, при цьому перевитрати паливно-енергетичних ресурсів, як правило, не були предметом інженерного аналізу. Зростання систем теплопостачання міст відбувалося в СРСР за своїм достатньо самобутнім шляхом, як складова частина загального плану розвитку країни. Одночасово із суттєвим зростанням одиничної потужності ТЕЦ, зростали магістральні та "вторинні" розподілені мережі, до старих мереж під'єднувалися нові споживачі пари та гарячої води. Інтенсивне зростання житлового

будівництва в країні потребувало адекватного створення систем теплопостачання.

Створення крупних підприємств і комплексних вузлів енергоємних галузей промисловості стало основним фактором, який сприяв розвитку теплофікації. Споруджувані на даній основі промислові ТЕЦ в багатьох випадках одночасово були базою для теплофікації житлового фонду міст. Оскільки саме зростання промисловості було в той час найважливішим фактором урбанізації, то промислові ТЕЦ стали невід'ємною складовою і систем життєзабезпечення міст. Тому комунальні потреби в перший час забезпечувались промислово-опалювальними котельними та ТЕЦ. При цьому теплофікація як спосіб теплопостачання в містах в середньому склала для ЖКХ 26%. Рівень теплофікації й частка комунального теплоспоживання в різних економічних районах суттєво відрізнялася. Разом з тим необхідно зазначити, що недостатній розвиток енергетичних систем в окремих районах в період їх формування став одною з основних причин спорудження численних промислових ТЕЦ малої потужності.

Теплофікація в житлово-комунальному господарстві в 1970-1980 рр. була розвинена значно слабше, ніж в промисловості. Опалювальні ТЕЦ (в основному з параметрами пари на 13 МПа) споруджувалися вже у створюваних крупних містах з високою концентрацією теплового навантаження, дане спорудження для опалення і супутніх теплових мереж проходило з певним відставанням. Відповідно, технічний прогрес в розвитку систем теплопостачання проходив у різних напрямках: підвищення одиничної потужності, параметрів пари, створення турбоустановок. До початку 1970-х років відбувалося достатньо стрімке зростання як потужностей ТЕЦ, так і протяжності інфраструктури теплових мереж. Зростання енергоспоживання призводило до спорудження нових ТЕЦ із розвідними мережами, потім знову проходило інтенсивне житлове будівництво. Спостерігалася певна збалансованість розвитку джерел і споживачів, тобто елементів структурно-технологічної самоорганізації комплексів "ТЕЦ-споживачі".

З початку 1970-х років сповільнився інтенсивний розвиток мереж, а з середини 1970-х років почало падати питоме вироблення теплової енергії. В цей період почали більш інтенсивно розвиватися джерела теплопостачання. Таким чином, розвиток систем теплопостачання міст проходив слідом за створенням промислових комплексів і їх систем енергозабезпечення. Поступово зростання житлових районів у містах наздоганяє промисловість, ускладнюється інженерне забезпечення житлових будинків, покращується якість житла, що вводиться. Подібно до того, як промислові підприємства і системи життєзабезпечення серйозно впливали на формування й розвиток

міських поселень, **власна динаміка розвитку міст також суттєво визначала особливості й конфігурацію енергозабезпечення**. Процес урбанізації був кардинальним і надзвичайно швидким, кількісне зростання дуже випереджало якісний розвиток.

Міські агломерації з їх концентрацією зв'язків поряд з обмеженими за розмірами ареалами служать засобом ефективного економічного стиснення території, раціоналізують територіальне влаштування країни. Містам різних типів властивий різний характер розподілу по території. В зв'язку з цим проблема знаходження оптимального ступеню централізації систем теплоенергопостачання постає в іншому вигляді: розвиток міст являє собою складний еволюційний процес, в якому функції життєзабезпечення сприяють цьому розвитку як необхідний каркас нового міського будівництва й реконструкції існуючого житлового фонду. Наведення загального розподілу міст за розміром і, відповідно, за їх тепловим навантаженням (з метою подального співставлення актуалізованих даних із особливостями опалювального періоду) показує, що частка сумарного теплового навантаження систем централізованого тепlopостачання орієнтовно співпадає з часткою міського населення.

Частка центрального сектора тепlopостачання в місті може досягати 68–69%, що відповідає частці міст із населенням вище 100–150 тис. чол. Разом з тим в містах з населенням 50–150 тис.чол. в достатньому степені розвинені так звані “кущеподібні” схеми, коли існуючі міські опалювальні котельні обслуговують свій ареал споживачів, при цьому перемичок між даними “кущами”, як правило, немає. Розмір населених пунктів свідчить про щільність теплового навантаження, використовуваний фонд будинків, їх розміри, характеристики протяжності розподілених мереж. А розподіл міст за розміром у різних територіально-кліматичних умовах ясно свідчить про наявність тенденцій до централізації або децентралізації енергозабезпечення.

Таким чином, міста чисельністю до 100 тис.чол. (близько 85% усіх вітчизняних міст) мають розрізнені “кущові” схеми теплозабезпечення, і споживають до 40% тепла, близько 30 міст нашої країни чисельністю 100–300 тис.чол. (приблизно 10%) розвивають централізовані системи, споживаючи близько 16% тепла, 13 міст чисельністю до 1 млн.чол. (приблизно 4,5%) в різному степені використовують теплофікацію, їх споживання досягає 21% всієї теплової енергії. І, врешті, 5 мегаполісів, складаючи всього 1,1% від загальної кількості міст, мають розгалуджені системи енергозабезпечення, сумарне споживання тепла складає близько 25%. Міста з чисельністю до 300–350 тис.чол. мають, як правило, невисоку частку теплофікації, тобто участь ТЕЦ в покритті графіка теплового та електричного навантаження.

В більшому ступені активна участь ТЕЦ проявляється в достатньо великих містах із чисельністю 350–550 тис. чол. Таких міст в країні 5, загальна чисельність проживаючого в них населення складає 2,2 млн.чол., міст із чисельністю від 550 до 850 тис.чол. всього 3, в них проживає 2,3 млн.чол. Безумовно, суттєву роль відіграють опалювальні й промислові ТЕЦ в енергозабезпеченні мегаполісів (4 міста з чисельністю населення близько 4,6 млн.чол.) і столиця – Київ з чисельністю населення 2,6 млн. Разом з тим в розселенні і, відповідно, в урбанізації існує серйозна асиметрія. Базові характеристики системи енергозабезпечення детермінує (визначаючи її стійкі типологічні параметри) знаходження міста у тій чи іншій кліматичній зоні. Граничною чисельністю основної групи (ядра) міст, тобто визначеним максимально-оптимальним розміром є величина в 550–600 тис.чол. Розвиток міст понад цього розміру вже не дає належного ефекту за транспортною або енергетичною ефективністю, потребуючи окрім того суттєвого структурного розвитку “каркасу” міста (включаючи системи життєзабезпечення).

Таким чином, типологічний аналіз ефективності та оптимальної конфігурації систем життєзабезпечення міст в першу чергу має спиратися на кліматичні параметри і розмір населеного пункту, що дозволить визначити відповідні щільності теплових навантажень. Екологічні особливості території також є важливим детермінуючим фактором вибору оптимальної конфігурації систем теплоенергопостачання.

Аналіз розподілу міст за чисельністю населення в останні 10 років показує, що в цілому зростання великих міст суттєво сповільнилося. Одною з причин даного сповільнення є високі затрати на інженерне облаштування, зниження ефективності міських інфраструктур при зростанні міст вище 500 тис.чол. Спрацьованість інженерних мереж, невизначеність у використанні різноманітних автономних джерел енергії, важке екологічне становище, транспортні перенавантаження – все разом свідчить про тупиковість ситуації, що склалася, небезпечної окрім всього іншого аваріями та екологічними лихами.

Зростаючі міста стикаються з обмеженнями фізичного, технічного і структурного характеру – так звані *порогами розвитку*. Аналіз даних обмежень робить можливим виявлення їх для кожного конкретного періоду часу. Місто першочергово виникало як специфічний вид просторового оточення, протиставляючи себе оточуючому середовищу. Підвищена компактність, щільність освоєння, комунікаційна насиченість міських просторів зумовлена економією затрат і потребами оборони, які є визначальними характеристиками міст. Просторова самоорганізація міських поселень проявляє як мінімум дві тенденції, два механізми економії ресурсів –

транспортний і тепловий (паливний). Економія теплової енергії на опалення пов'язана в першу чергу з просторовою концентрацією проживання, транспортна – з оптимальними комунікаціями в місті. Такі пороги підвищення ефективності міських інфраструктур обумовлені в тому числі і певним типом самоорганізації складного міського господарства:

- перший пов'язаний з концентрацією проживання (зниження питомих опалювальних затрат) і значною кількістю споруд достатньо великого розміру – з рівня 80–120 тис.чол.;
- другий – з підвищенням компактності проживання (зниженням транспортних втрат) – з рівня 250–300 тис.чол.;
- третій – це активне застосування теплофікації (комбіноване вироблення тепла й електроенергії) в крупних містах з чисельністю проживаючих 450–500 тис.чол.

Як вже згадувалося, зростання чисельності населення вище 550–600 тис.чол. і далі – до мегаполісу, потребує особливих інфраструктурних рішень, які дозволили б вийти на новий якісний рівень міського “каркасу”. Подібний еволюційний розвиток інфраструктури визначає етапи, на яких вона більш сприйнятлива до інноваційного розвитку.

Отже, системи життєзабезпечення населених пунктів формуються разом з житловим фондом у визначених пропорціях, що характеризує процеси територіальної самоорганізації для населених пунктів в різних кліматичних умовах. **Узгодження режимів вироблення й споживання енергоресурсів може сприяти забезпеченню максимальної ефективності енерговикористання**, її надійності та екологічній безпеці. Не викликає сумніву той факт, що кожній з використовуваних в даний час систем тепlopостачання відповідають свої умови, при яких вона може бути оптимальною. Дані умови в більшому степені визначаються концентраціями й щільностями теплових навантажень, які навіть для існуючих вузлів теплоспоживання значно змінюються з часом. Внаслідок цього використовувані в даний час системи тепlopостачання в багатьох випадках не відповідають новоствореним умовам. Територіальні розбіжності в ряді випадків досить складно систематизувати за певними статистичними показниками внаслідок:

- розгалуженості й суттєвої територіальної розподіленості мереж;
- наявності та конфігурації різнорідних споживачів, які розташовані на різних структурно-територіальних рівнях в різних кліматичних умовах;
- різноманітності в схемно-параметральних рішеннях, що зумовлюють унікальність всієї конфігурації в цілому.

Використані джерела

1. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982.
2. Оптимизация систем теплофикации и централизованного теплоснабжения / Под ред. Е.Я. Соколова. М.: Энергия, 1978. – 264с., ил.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергоиздат, 1982.
4. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов. – М.: Энергия, 1979. – 360 с.
5. Офіційний інтернет-ресурс інженерного центру “Енергетика міста”, портал з енергозбереження “Енергосовет”
6. Офіційний інтернет-ресурс науково-технічного журналу “Новини теплопостачання”
7. Офіційний інтернет-ресурс інформаційної системи з теплопостачання “РосТепло”

АНОТАЦІЯ

В статті розглядаються важливі умови забезпечення ефективності в роботі вітчизняних систем теплопостачання з метою мінімізації втрат енергії та ресурсів; наведені ключові особливості територіально розподілених систем енергозабезпечення з аналізом наявних проблем; виділені першочергові причини суттєвого системного падіння ефективності роботи теплопостачального комплексу.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются важные условия обеспечения эффективности в работе отечественных систем теплоснабжения с целью минимизации потерь энергии и энергоресурсов; приведены ключевые особенности территориально распределённых систем энергообеспечения с анализом существующих проблем; выделены первоочерёдные причины существенного системного падения эффективности работы теплоснабжающего комплекса.

ANNOTATION

In the article is considered important conditions of providing efficiency of domestic heat supply system working with the aim of energy and resources losses minimisation; is appointed key special features of territorial distributed power supply systems with analysis of existing problems; is extracted immediate causes of essential system decrease of heat supply complex working efficiency.