**Денисова Алла Євсіївна. Інтегровані системи альтернативного теплопостачання для енергозберігаючих технологій (теоретичні основи, аналіз, оптимізація): дисертація д-ра техн. наук: 05.14.06 / Одеський національний політехнічний ун-т. - О., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Денисова А.Є. Інтегровані теплонасосні системи альтернативного теплопостачання (теоретичні основи, аналіз, оптимізація). – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, спеціальність 05.14.06 “Теоретична теплофізика та промислова теплоенергетика”, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, 2003 р.  Теоретично обґрунтована технічна можливість створення комплексної системи альтернативного теплопостачання для енергозберігаючих технологій з двома відновлювальними джерелами енергії (сонячної та ґрунтової) на базі теплонасосного циклу. Розроблені математичні моделі процесів теплообміну в елементах КАСТ з урахуванням енергетичних можливостей двох різнорідних відновлювальних джерел енергії та математичні моделі багатоваріантних режимів роботи системи, що дозволяють обґрунтовано обирати оптимальний режим роботи при сезонних кліматичних змінах.  Розроблено математичну модель нестаціонарного процесу теплообміну в ґрунтовій системі, що дозволяє визначати поле температур в ґрунті при довготривалій експлуатації системи. Запропоновано критерій оптимізації КАСТ на основі максимальної частки заміщення теплового навантаження за рахунок використання двох різнорідних відновлювальних джерел енергії.  Розроблено методику, алгоритми і програми числового моделювання режимів роботи КАСТ, визначені конструктивні характеристики системи, що забезпечують вимоги теплового споживача без резервування потужності та призводять до зменшення емісії двоокису вуглецю. | |
| |  | | --- | | В дисертаційній роботі розроблені і теоретично обґрунтовані науково-технічні принципи створення, аналізу та оптимізації КАСТ, в якій інтегровано використовуються сонячна та ґрунтова енергія, що дозволяє розв’язати значну прикладну проблему впровадження новітніх енергозберігаючих технологій для автономного теплозабезпечення промислових і індивідуальних споживачів без використання резервного джерела енергії при сезонних кліматичних змінах та зниження забруднення довкілля.  Отримані наукові результати базуються на аналізі розробленої математичної моделі інтегрованої біструктурної системи та математичної моделі режимів роботи КАСТ у багатоваріантному вигляді, а також на числовому моделюванні теплових процесів в елементах КАСТ.  У відповідності з метою роботи були вирішені задачі дослідження та одержані наступні результати:  1. Знайдені умови ефективної роботи КАСТ на основі аналізу розробленої математичної моделі інтегрованої альтернативної системи теплопостачання. Модель КАСТ, яка уявляє собою замкнуту систему рівнянь, що відносяться до кожної складової частини системи, дозволила враховувати вплив вхідних параметрів на кінцеві характеристики елементів системи та встановити їх взаємний вплив. Створена математична модель теплових процесів в елементах КАСТ враховує зміну сезонних кліматичних умов та є зручною для числового моделювання.  1.1. Розроблена математична модель теплових процесів, що відбуваються в сонячному контурі, є моделлю послідовної зміни квазістатичних процесів в безмежно малих інтервалах часу при одночасному виконанні умови беззупиненої зміни основного параметру геліосистеми – температури рідини в акумуляторі тепла TS, що дозволило встановити умови ефективного використання сонячної енергії для теплопостачання споживачів.  1.2. Розроблена математична модель нестаціонарного теплообміну в ґрунті, з використанням методу кінцевих різниць, дозволила представити динаміку теплових процесів, що відбуваються в ґрунтовій системі і зовнішньому середовищі, та встановити умови ефективного використання ґрунтової енергії для теплопостачання споживачів.  1.3. Розроблена математична модель теплового насосу дозволила на основі числового аналізу визначити оптимальні умови його роботи з позиції найбільш ефективного використання теплового потенціалу сонячного та ґрунтового джерел енергії для теплозабезпечення споживачів.  1.4. Розроблена математична модель об’єкту теплопостачання з урахуванням акумулювання тепла будівельними конструкціями ОТ дозволила на основі числового аналізу, з використанням методу кінцевих різниць, визначити динаміку процесів теплообміну, що відбуваються в ОТ протягом опалювального періоду.  2. Розроблені математичні моделі режимів роботи КАСТ у багатоваріантному вигляді, які дозволили визначати оптимальний режим роботи системи за критерієм максимальної частки заміщення теплового навантаження споживача, що здійснюється шляхом гнучкого вибору найбільш ефективного відновлювального джерела енергії при сезонних кліматичних змінах.  2.1. Встановлено, що режим роботи КАСТ в *конфігурації моноструктурної теплонасосної геліосистеми* не є оптимальним рішенням щодо покриття теплового навантаження споживачів протягом опалювального сезону в кліматичних умовах України, оскільки окреме використання сонячної енергії для цілей опалення в “холодні” місяці сезону при існуючих типових будівельних технологіях є недостатнім для покриття теплових потреб ОТ та вимагає використання резервування потужності. В “холодні” місяці сезону (листопад – грудень) теплові вимоги споживача максимальні, а можливості системи, щодо акумулювання сонячної енергії, мінімальні. Використання КАСТ з надто великою площею ГК є недоцільним з техніко-економічних позицій. При надлишкових величинах площі коефіцієнт заміщення jС теплової потужності за рахунок сонячної енергії збільшується на декілька відсоток, а теплові втрати в навколишнє середовище значні. Найбільш раціональним рішенням є використання ГК площею для прикладу, що розглядається, не більше 80 м2. Це дозволяє на базі ТН в “теплі” місяці сезону покривати значну частину теплового навантаження, а в “холодні” місяці неможливо обійтись без використання резервного джерела енергії. Можливості для використання енергії, що накопичена в АК та є джерелом енергії для ТН, обмежені, оскільки рідина в АК має низький температура рівень. Варіант прямого теплопостачання від баку-акумулятору є короткостроковим та можливим при використанні ГК площею більше 100 м2, тобто не забезпечує надійність теплопостачання без резервного джерела енергії. Найбільш високе значення коефіцієнта заміщення теплового навантаження системи за рахунок сонячної енергії становить jС = 50 % та досягається при умові використання теплового насосу та площі ГК до 80 м2.  2.2. Встановлено, що режим роботи КАСТ в *конфігурації моноструктурної теплонасосної ґрунтової системи* можна визнати досить ефективним рішенням для опалювального періоду в кліматичних умовах України, щодо покриття значної частки теплового навантаження споживачів, оскільки незважаючи на те, що робота моноструктурної теплонасосної ГС теж вимагає резервування потужності, вона виявляється більш ефективною ніж моноструктурна теплонасосна геліосистема, особливо в “холодні” місяці сезону. Граничною умовою, що забезпечує ефективну роботу ГС, є використання вертикальних ґрунтових теплообмінних трубок загальним числом не менше n = 5, що є “критичною” кількістю ГТ. Коефіцієнт заміщення jГР теплової потужності системи за рахунок ґрунтової енергії, в залежності від числа ГТ, має стабільне значення jГТ = 71 – 74 %. Використання надлишкового числа ГТ є недоцільним, оскільки не призводить до відповідного росту теплової потужності ОТ. Незначне переохолодження ґрунту, що стає помітним в кінці сезону опалення, дозволяє ГС після виводу її з роботи природним шляхом повернутись в первинний термічний стан та не завдає шкоди довкіллю.  2.3. Встановлено, що режим роботи КАСТ в *конфігурації біструктурної теплонасосної геліо-ґрунтової системи* можна вважати найбільш ефективним рішенням для кліматичних умов України, оскільки дає можливість забезпечити покриття теплового навантаження споживачів за рахунок інтегрованого використання двох відновлювальних джерел без резервного джерела енергії. При дефіциті сонячного випромінювання теплове навантаження можна покривати за рахунок енергії ґрунту. В інтегрованій системі гнучко обирається джерело відновлювальної енергії з найбільшим температурним потенціалом, що забезпечує максимальне значення коефіцієнту перетворення тепла eТН.Аналіз ефективності роботи біструктурної КАСТ дозволив надати рекомендації щодо конструктивних особливостей системи, що забезпечують вимоги теплового споживача без резервування потужності. Габарити елементів КАСТ в біструктурній конфігураціїменші, ніж в моноструктурній. Система, що складається з ГК площею 60 м2 та ГС з мінімальною кількістю ГТ (n = 2), є гранично допустимим випадком конструктивного виконання, коли КАСТ ще може забезпечити теплове навантаження об’єкту теплопостачання без резервного джерела енергії. При меншому числі ГТ та меншій площі ГК коефіцієнт заміщення становить jКАСТ = 69 – 76 %. При стійкому дефіциті сонячної енергії та переважному використанні ґрунтової енергії вказаний коефіцієнт jКАСТ завжди більше 50 % та має тенденцію до збільшення при збільшенні числа ГТ (n > 2) та площі ГК (АГК > 20 м2). Використання надлишкової кількості ГТ (n > 6, що вимагає площі ґрунту більше 60 % площі ОТ) виявляється недоцільним рішенням, оскільки не здійснює суттєвого впливу на коефіцієнт заміщення та призводить до значного обмеження тривалості роботи геліосистеми. Використання в біструктурній конфігурації надлишкової площі ГК (АГК> 60 м2, що більше 33 % площі ОТ) є недоцільним рішенням, особливо для ”теплих” місяців сезону, а взимку коефіцієнт заміщення jКАСТ практично не залежить від надмірної площі ГК.  2.4. З метою попередження небажаних наслідків, які можуть виникнути при екстремальних сезонних кліматичних умовах, габарити елементів КАСТ повинні бути обрані з деяким запасом, тобто бути більшими вказаних гранично допустимих величин. Для попередження переохолодження ґрунту необхідна кількість ГТ n = 6 (60 % площі ОТ) та площа ГК АГК = 30 – 40 м2 (17 – 22 % площі ОТ).  2.5. Значного підвищення ефективності використання відновлювальних джерел можна досягти при забезпеченні певних вимог, що пред’являються до об’єкту теплозабезпечення КАСТ. Вказані вимоги пов’язані зі зменшенням втрат тепла ОТ у навколишнє середовище та підтриманням розрахункової теплової потужності, що, в свою чергу, призводить до зменшення надлишкових витрат відновлювальної енергії та до зменшення термічної релаксації ґрунту.  3. На основі результатів дослідження ефективності КАСТ в моно- та біструктурній конфігурації можна стверджувати, що:  3.1. Застосування КАСТ в конфігурації моноструктурна теплонасосна ґрунтова система та біструктурна теплонасосна геліо-ґрунтова система теплопостачання має перспективи для широкого впровадження в кліматичних умовах України та представляє значний інтерес для енергозберігаючих технологій, оскільки дозволяє заощаджувати паливно-енергетичні ресурси та покращувати екологічний стан довкілля.  3.2. Комплексне використання сонячної та ґрунтової енергії на базі ТН призводить до позитивних результатів щодо заміщення ними традиційних видів енергії та створює сприятливі умови для підвищення ефективності роботи КАСТ. При виконанні відповідних вимог, що пред’являються до біструктурної конфігурації системи можна повністю забезпечити теплові вимоги споживачів протягом опалювального періоду, така система може бути рекомендована для широкого впровадження в промислових та індивідуальних ОТ, а влітку її можна використовувати для гарячого водопостачання та кондиціювання повітря.  3.3. Результати числового аналізу дозволяють зробити висновок про можливість ефективного використання КАСТ в кліматичних умовах України.  4. Аналіз економічних та екологічних показниківроботи КАСТза міжнародною методикою RETScreen Міністерства природних ресурсів Канади для завданого ОТ, розташованого на півдні України показує, що така система є технічно та екологічно виправданою. | |