

УДК 662.987:620.92

Представлено системи теплопостачання на основі відновлюваних джерел енергії з можливим підключенням резервного (традиційного) джерела енергії, що дає можливість забезпечити потребу у теплопостачанні, а також надійність та стабільність роботи систем

Ключові слова: нетрадиційні відновлювальні джерела енергії, система теплопостачання, математичне моделювання

Представлены системы теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии с возможным подключением резервного (традиционного) источника энергии, что дает возможность обеспечить потребность в теплоснабжении, а также надежность и стабильность работы систем

Ключевые слова: нетрадиционные возобновляемые источники энергии, система теплоснабжения, математическое моделирование

Presented by the district heating system based on renewable energy sources with the possible backup connection (traditional) energy, which enables heat to satisfy demand, and reliability and stability of systems

Keywords: innovative renewable energy, heating system, mathematical modeling

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В. О. Сацик

Кандидат сільськогосподарських наук, викладач*

Контактний тел.: 050-210-55-96

E-mail: sacik1@rambler.ru

Б. М. Дідай*

Контактний тел.: 093-525-54-29

E-mail: vipDBM@gmail.com

*Кафедра автоматизованого управління технологічними процесами

Луцький національний технічний університет
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43000

Вступ

Виснаження світових паливно-енергетичних ресурсів, що викликає неминуче підвищення цін на енергоносії, як на світовому ринку, так і в Україні, загострило проблему впровадження енергозберігаючих технологій і поставило дослідження, що спрямовані на ефективне використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) для цілей енергозабезпечення, в ряд стратегічних задач держави.

Постановка проблеми

Нетрадиційні відновлювані джерела енергії (НВДЕ) допомагають урізноманітнити поставки енергоресурсів і в перспективі можуть замінити паливно-енергетичні ресурси. Використання НВДЕ замість викопного палива може в значній мірі знизити викиди парникових газів та інших забруднюючих речовин. Зростаючий попит на НВДЕ в індустріально розвинених країнах призводить до економії за рахунок зростання виробництва; таке зростання спрощує доступ до проектів з використання НВДЕ в країнах, що розвиваються. Хоча фахівці вважають, що багато ринків змогли б витримати більш високі темпи включення до них НВДЕ, цьому перешкоджають численні бар'єри.

Вартість технологій з використанням НВДЕ залишається високою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Положення щодо впровадження та використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії записані в законі України «Про енергозбереження», законі України «Про альтернативні джерела енергії», а також у «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року». В Законі України «Про енергозбереження» вказано на необхідність широкомасштабного впровадження екологічно чистих відновлювальних джерел енергії в сфері теплопостачання.

Проблеми альтернативного теплопостачання досліджувались у роботах Денисової А.Е., Дубковського В.А., Мазуренко А.С., Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В.

Зокрема Денисова А.Е. пропонує для інтенсифікації впровадження альтернативних систем теплопостачання підвищити їх рентабельність шляхом збільшення частки заміщення органічного палива відновлювальними джерелами енергії. Цього можна досягти шляхом застосування теплонасосних інтегрованих систем теплопостачання («біструктурних» систем) на основі комбінованого використання двох різномірних відновлювальних джерел енергії, природні енергетичні

властивості яких дозволяють покривати дефіцит одне одного [1,5].

Невирішені раніше частини загальної проблеми

Однією з найбільших проблем впровадження нетрадиційних відновлювальних джерел енергії в Україні є добова та сезонна нерівномірність виробництва енергії. Жорстка залежність від кліматичних умов призводить до обов'язкового використання резервного традиційного джерела енергії, що суттєво погіршує економічні показники роботи моноструктурної системи теплопостачання в цілому [3].

Цілі статті

Завданням статті є ознайомлення з одним із можливих варіантів вирішення проблеми забезпечення потреби теплопостачання в змінних кліматичних умовах України за рахунок використання систем теплопостачання на основі поєднання двох відновлювальних джерел енергії, а саме сонячної-грунтової енергії та сонячно-біопаливної енергії з можливим підключенням резервного (традиційного), що забезпечить стабільність та високу надійність роботи даної системи.

Основні результати досліджень

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії стали останнім часом одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання. Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше і більше турбують світову спільноту.

Найбільшого розповсюдження в світі набули автономні альтернативні системи енергозабезпечення моноструктурного типу на базі тільки одного джерела енергії, наприклад, автономні сонячні установки, системи утилізації біомаси і тепла геотермальних вод, вітряні установки та інші, що призначені для перетворення одного з видів нетрадиційних відновлювальних джерел енергії в теплову енергію [2].

В умов України з урахуванням кліматичних, обов'язковою умовою для практичного використання систем альтернативного теплопостачання на базі тільки одного (моно) джерела відновлювальної енергії ("моноструктурна" система) є резервування потужності за рахунок традиційних джерел енергії (дублерів), що суттєво погіршує економічні показники роботи моноструктурної системи та ставить її на межу економічної доцільності [5].

Вирішити питання конкурентоспроможності систем альтернативного теплопостачання можливо за рахунок впровадження систем нетрадиційного теплопостачання з двома відновлювальними джерелами енергії ("біструктурні" системи), де вдало поєднують-

ся можливості двох різнорідних за природними властивостями джерел. Такі системи мають здатність до взаємної компенсації дефіциту одне одного.

На основі наших досліджень, та існуючих літературних джерел в змінних кліматичних умовах одним із кращих варіантів альтернативних систем теплопостачання на основі двох відновлювальних джерел енергії є системи з використанням енергії сонячно-грунтової енергії та сонячно-біопаливної. Тобто, у разі виникнення дефіциту одного з нетрадиційних джерел, через циклічну зміну кліматичних умов, друге джерело відновлювальної енергії, буде здатним компенсувати виявлений дефіцит власними силами, без допомоги резервного джерела енергії.

На рис. 1 представлена схема альтернативної сонячно-біопаливної системи теплопостачання.

Система має два циркуляційні контури: контур сонячних колекторів та контур котла на біопаливі, що пов'язані з баком-акумулятором 4. З травня по серпень для підігріву води, яка поступає в бак-акумулятор використовується тільки сонячні колектори 1. При цьому насос 2 постійно прокачує робочу рідину по системі, потрапляючи в змієвик бака-акумулятора робоча речовина віддає тепло воді, на випадок коли тиск в системі різко зростає стоїть розширювальний бачок 3.

З вересня у зв'язку зі зменшенням інтенсивності сонячної енергії, що надходить до сонячного колектора, в систему підключається контур котла на біопаливі. Контур біопаливного котла складається з котла на біопаливі 7, насоса 13 який постійно качає робочу речовину і теплообмінника 8 звідки нагріта вода за допомогою насоса 11 потрапляє у бак-акумулятор 4, або при включенні насоса 12 качається до системи опалення 6.

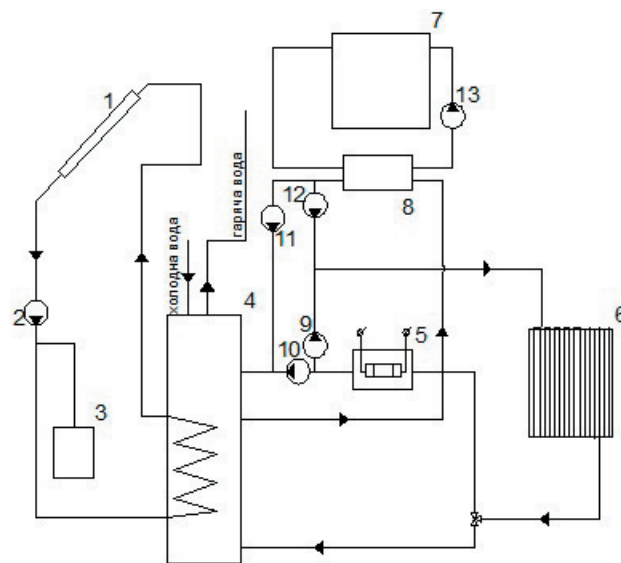


Рис. 1. Схема альтернативної системи теплопостачання на основі двох відновлювальних джерел енергії:
1 – сонячний колектор; 2, 9, 10, 11, 12, 13 – насоси;
3 – розширювальний бачок; 4 – бак-акумулятор тепла;
5 – електричний нагрівач; 6 – система опалення;
7 – котел на біопаливі; 8 – теплообмінник

Також в системі передбачено резервне джерело теплопостачання у вигляді електричного нагрівача 5

який спрацьовує при недостатній температурі води, що можливе при виході з ладу одного з контурів.

Робота системи теплопостачання в цілому виглядає наступним чином: робоча рідина в контурі сонячного колектора качається насосом 2, потрапляючи в сонячний колектор 1 вона нагрівається після чого потрапляє в змієвик бака-акумулятора 4 де тепло акумулюється. Після цього нагріта вода може рухатися через електричний нагрівач 5 який насосом 9 качає воду до системи опалення 6, або насосом 10 до бака-акумулятора. Варто зазначити, що електричний нагрівач включається тільки у випадку коли температура води не відповідає заданій.

При підключенні до системи котла на біопаливі 7 гаряча вода з бака-акумулятора 4 рухається через теплообмінник 8 де догрівається і через насос 12 качається до системи опалення 6, або через насос 11 потрапляє у бак-акумулятор 4.

На рис. 2 представлена схема альтернативної сонячно-грунтової системи теплопостачання.

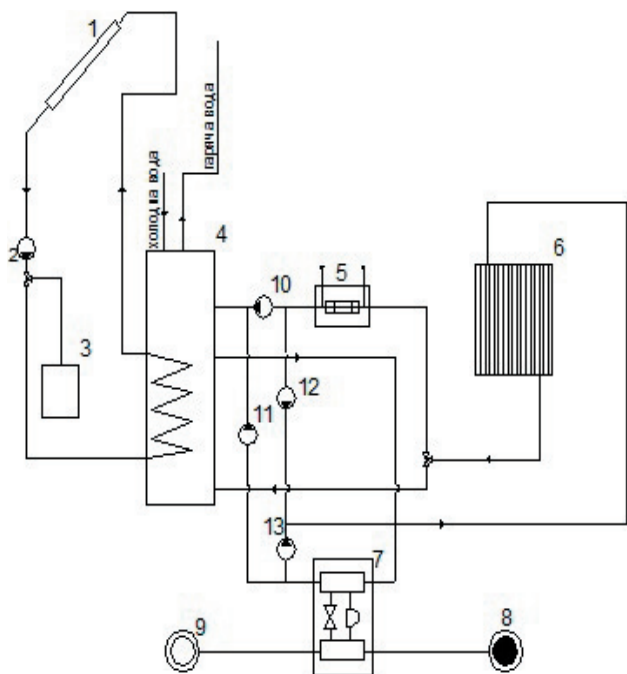


Рис. 2. Схема альтернативної системи теплопостачання на основі двох відновлювальних джерел енергії:

- 1 - сонячний колектор; 2, 10, 11, 12, 13 - насоси;
- 3 - розширювальний бачок; 4 - бак-акумулятор тепла;
- 5 - електричний нагрівач; 6 - система опалення; 7 - теплонасосна установка; 8 - вхідна трубка; 9 - вихідна трубка

Система має два циркуляційних контури: контур сонячних колекторів та контур ґрунтових колекторів, що пов'язані з баком-акумулятором 4. З травня по серпень для підігріву води, яка поступає в бак-акумулятор використовуються сонячні, або ґрунтові колектори. При роботі сонячних колекторів 1 насос 2 постійно прокачує робочу рідину по системі, потрапляючи в змієвик бака-акумулятора робоча речовина віддає тепло воді, на випадок коли тиск в системі різко зростає стоїть розширювальний бачок 3. При роботі ґрунтових колекторів 8,9 робоча рідина постійно прокачується теплонапосною установкою 7 і віддає тепло воді яка насосом 11 качається в бак-акумулятор 4.

З вересня з початком опалювального сезону працюють одразу два контури системи теплопостачання.

Також в системі передбачено резервне джерело теплопостачання у вигляді електричного нагрівача 5 який спрацьовує при недостатній температурі води, що можливе при виході з ладу одного з контурів.

Робота системи теплопостачання в цілому виглядає наступним чином: робоча рідина в контурі сонячного колектора качається насосом 2, потрапляючи в сонячний колектор 1 вона нагрівається після чого потрапляє в змієвик бака-акумулятора 4 де тепло акумулюється. Після цього нагріта вода може рухатися через електричний нагрівач 5 який насосом 9 качає воду до системи опалення 6, або насосом 10 до бака-акумулятора. Варто зазначити, що електричний нагрівач включається тільки у випадку коли температура води не відповідає заданій.

При підключенні до системи ґрунтових колекторів 8,9 гаряча вода з бака-акумулятора 4 рухається через теплонапосну установку 7 де догрівається і через насос 13 качається до системи опалення 6, або через насос 11 потрапляє у бак-акумулятор 4.

Для впровадження систем такого класу було розроблені математичні моделі роботи систем теплопостачання на основі двох відновлювальних джерел енергії.

При моделюванні роботи сонячного колектора основними характеристиками для оцінки енергетичного потенціалу сонячного випромінювання є сумарна сонячна радіація та її складові частини – пряма і дифузна радіація що надходить на поверхню колектора, яка визначається за формулою:

$$H = H_b \cdot R_b + H_d \cdot R_d + (H_b + H_d) \cdot R'_d$$

де H_b, H_d – відповідно, інтенсивність прямої і дифузної складових частин інсоляції на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

R_b, R_d, R'_d – відповідно, безрозмірні поправочні коефіцієнти для прямої, дифузної радіації та відбитої від землі та оточуючих предметів.

Сумарні втрати енергії геліоколектором:

$$Q_{ГК} = Q_{P2} + Q_{K2} + Q_{И} + Q_{Б}$$

де Q_{P2} – втрати енергії випромінюванням від поверхні адсорбера до скла;

Q_{K2} – втрати енергії конвекцією від поверхні адсорбера до скла;

$Q_{И}, Q_{Б}$ – відповідно, втрати енергії теплопровідністю від поверхні адсорбера до навколишнього середовища крізь теплоізолювану нижню стінку та бокові стінки колектора.

На основі цих та інших розрахунків корисне тепло можна визначити за формулою:

$$Q_{ГК} = A_{ГК} \cdot F_R [(\tau\alpha) \cdot H - K_{ГК}(T_1 - T_H)]$$

де $Q_{ГК}$ – теплова продуктивність сонячного колектору, Вт;

$A_{ГК}$ – площа сонячного колектору, м²;

H – густина потоку сонячного випромінювання, що надходить на нахилену поверхню колектора;

$K_{ГК}$ – повний коефіцієнт втрат енергії, Вт/(м²·К);

T_1 – температура робочого тіла на вході в ГК, К;

T_H – температура навколишнього середовища, К;

F_R – ефективний коефіцієнт відводу тепла від сонячного колектора;

$\tau\alpha$ – оптичний коефіцієнт.

При моделюванні роботи ґрунтового колектора основними характеристиками для оцінки енергетичного потенціалу є кількість теплоти $Q_{f,L}$, що сприймається робочою рідиною одиначної ґрунтової трубки для довільного моменту часу, можна визначити за рівнянням:

$$Q_{f,L} \Big|_{t=t_i} = w_m \cdot c_p \cdot (T_{f,p} \Big|_{t=t_i} - T_{f,k} \Big|_{t=t_i})$$

де $w_m = u \cdot \rho \cdot F_0$ – масова витрата робочої рідини ГТ, кг/с;

u – швидкість теплоносія ГТ, м/с;

ρ – густина теплоносія ГТ, кг/м³;

F_0 – площа поперечного перерізу ґрунтової трубки, м²;

c_p – теплоємність теплоносія ГТ, кДж/(кг·К);

$T_{f,p}$, $T_{f,k}$ – відповідно, температура рідини на вході та на виході ґрунтової трубки, К.

Потік тепла, що підводиться до робочого тіла “ґрунтового” випарника теплового насосу по ґрунтовим трубкам загальною кількістю n , можна визначити за рівнянням:

$$Q_{ТН} \Big|_{t=t_i} = w_m \cdot A_3 \cdot n \cdot (T_{f,0} \Big|_{t=t_i} - T_{f,1} \Big|_{t=t_i})$$

де $T_{f,0}$ – початкова температура робочої рідини ГТ на вході в “ґрунтовий” випарник теплового насосу, К;

$T_{f,1}$ – кінцева температура робочої рідини ГТ на виході з “ґрунтового” випарника теплового насосу, К.

Моделювання котла на біопаливі не потрібне оскільки для сонячно-біопаливної системи він вибирається по недостатці тепла, тобто від необхідної кількості тепла віднімаємо те, що забезпечує сонячний колектор і такої потужності вибираємо котел на біопаливі.

На основі цих математичних моделей нами була розроблена програма в програмно-орієнтованому середовищі Delphi загальний вигляд якої представлений на рис. 3.

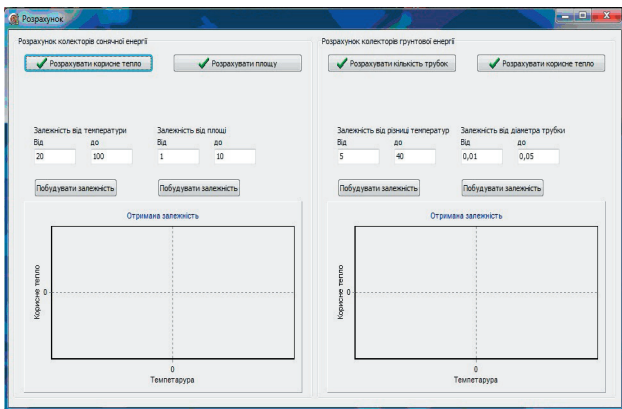


Рис. 3. Загальний вигляд програми

Дана програма дозволяє розраховувати по заданій кількості тепла необхідну кількість сонячних та ґрунтових колекторів і навпаки по заданій кількості колекторів розрахувати кількість корисного тепла, що виробляється ними.

Також ця програма буде графіки залежності кількості корисного тепла від температури робочого тіла для сонячних колекторів рисунок 4 (зліва), кількість

корисного тепла від площі сонячних колекторів, залежність кількості трубок від різниці температур на вході в ґрунтовий колектор та виході з нього рис. 4 (зправа), а також залежність кількості трубок від їхнього діаметра.



Рис. 4. графіки залежності кількості робочого тепла від температури робочого тіла (зліва) та залежність кількості трубок від різниці температур на вході і виході з теплового насосу(зправа)

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку

Отже можна сказати, що в змінних кліматичних умовах дані системі альтернативного теплопостачання є досить надійними і здатними забезпечити необхідний температурний режим, як гарячого водопостачання так і системи опалення в цілому.

До переваг цих систем теплопостачання можна віднести:

- великий ступінь надійності забезпечений використанням двох відновлювальних джерел енергії з підключенням третього резервного;
 - простота конструкції.
- До недоліків можна віднести:
- система опалення та гарячого водопостачання є змішані між собою;
 - збільшення ціни,

З нашої точки зору подальша робота стосовно даних систем теплопостачання повинна бути направлена на розробку режимів роботи, а також систему керування.

Література

1. Денисова А. Е., Кальдерон Т. У. Оценка эффективности работы гелиосистем теплоснабжения в климатических условиях Украины // Придніпровський науковий вісник (Технічні науки). – 1998.
2. Smil V. Energies: an illustrated guide to the biosphere and civilization. – Massachusetts Institute of Technology: MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England. – 1999. – 210 p.
3. http://www.ive.org.ua/stattya_3.htm
4. <http://www.niss.gov.ua/Table/don/index.htm>
5. Денисова А.Е., Мазуренко А.С. Оценка доли замещения тепловой нагрузки потребителя комплексной альтернативной системой теплоснабжения // Холодильная техника и технология. – 2000. – № 67. – С. 48 – 51.