

# ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Розглянуті методи створення комбінованої системи теплохолодопостачання з різними джерелами теплоти, встановлено співвідношення між потужностями традиційних та альтернативних джерел енергії. Доведено ефективність впровадження теплохолодильних машин (ТХМ) і геліоколекторів у комплексну систему теплохолодопостачання з твердопаливними котлами. Показано, що застосування ТХМ і геліоколекторів призводить до зменшення споживання умовного палива системою теплохолодопостачання, та зменшені викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище у порівнянні із роздільною системою.*

**Ключові слова:** теплохолодильна машина, енергетична ефективність, система теплохолодопостачання, шкідливі викиди в навколишнє середовище, геліоколектор.

## *Abstract*

*The methods of creating a combined heat-cold supply system with different sources of heat are considered, and the relationship between the capacity of traditional and alternative sources of energy is established. The efficiency of the introduction of heat-refrigeration machines (HRM) and solar collector in the complex system of heat-cold supply with solid fuel boilers has been proved. It has been shown that the use of HRM and solar collectors reduces the consumption of conventional fuel by the system of heat-cold supply, and reduces emissions of harmful substances to the environment in comparison with the separate system.*

**Keywords:** a thermal-refrigeration machine, power efficiency, system of heat-cold supply, harmful extrass an environment, solar collector.

## **Вступ**

В умовах енергоощадності двадцять першого століття, окрім створення енергоефективних систем із застосуванням альтернативних джерел енергії, є актуальним завдання трансформувати та комбінувати вже існуючі системи у більш ефективні для забезпечення екологічності та економічності систем теплохолодопостачання. Ресурси теплової енергії природи насправді невичерпні, лише навчившись правильно її вловлювати та перетворювати в майбутньому можливо буде обійтись без традиційних джерел тепла, але у наш час ці технології ще не на стільки розвинуті, тому актуальним є дослідження та вдосконалення саме комбінованих систем теплохолодопостачання, тобто традиційних теплових джерел поєднаних із альтернативними. Створення нових методів та засобів поєднання основного теплозабезпечувального обладнання з нетрадиційним додатковим, дасть змогу ширше відкрити можливості та потенціал таких систем.

Метою роботи є підвищення енергоефективності і надійності системи теплохолодопостачання за різних умов експлуатації, дослідження комбінованої системи теплохолодопостачання щодо теплової ефективності та вдосконалення методів і засобів створення комбінованої системи теплохолодопостачання.

## **Результати дослідження**

В роботі виконано аналіз літературної інформації з позицій використання енергії Сонця в системах теплохолодопостачання [1-3]. В результаті встановлено, що даний напрямок має великі перспективи враховуючи кліматичні дані досліджуваного регіону, а саме міста Вінниці.

Передумовою до створення комплексної системи теплохолодопостачання є оцінка ефективності окремих її елементів. Оцінювання систем тепlopостачання та холодопостачання виконувалась на основі техніко-економічного [4] та екологічного методів. Проаналізовані такі варіанти джерел теплоти: котли на природному газі, котли на вугіллі, котли на рідкому паливі, котли на пелетах, котли на

дровах. Вибір оптимального варіанту виконувався на основі техніко-економічних показників, а саме собівартості виробництва теплоти. Як основне джерело теплоти обрано котельню на дровах, в якій собівартість вироблення теплоти склала 207,6 грн./ГДж. Аналогічним чином обрано джерело холоду – холодильну машину типу «повітря – вода», в якій собівартість вироблення холоду склала 443,2 грн./ГДж.

Для зменшення споживання первинних енергоносіїв в системі теплопостачання встановлено геліосистему з баками-акумуляторами для гарячого водопостачання. Геліосистема нагріву води повністю забезпечує гаряче водопостачання влітку, а взимку – приблизно на 35 – 45 %. Повне забезпечення водопостачанням за допомогою колекторів взимку є економічно недоцільним оскільки суттєво підвищуються терміни окупності [5].

Оскільки обрана для потреб холодопостачання холодильна машина може працювати у реверсному режимі практично без додаткових капітальних затрат, прийнято рішення замість холодильної машини використати теплохолодильну машину (ТХМ) типу «повітря – вода».

Отже поєднуючи традиційні джерела теплоти і нетрадиційні у комплексна система теплохолодопостачання працюватиме таким чином: влітку ТХМ знаходитиметься в режимі охолодження і вироблятиме необхідну кількість холоду споживаючи 11926 кВт·год електроенергії за весь літній період, геліоколектори покривають 100 % потреб у теплоті на ГВП і споживають 736 кВт·год електроенергії. Взимку теплохолодильна машина працює у режимі нагріву і до (-5°C) покриває до 50 % потреби у гарячому водопостачанні, теплопродуктивність теплового насосу складає до 80 кВт і споживає 71215 кВт·год електроенергії, геліоколектори виробляють близько 3 МВт теплоти за зиму і споживають 0,8 кВт електроенергії за 1 годину, піки навантаження покриває твердопаливний котел і споживає близько 80 кг палива за годину. Загалом така система дозволяє заощадити до 40 т умовного палива в рік.

Потужності теплохолодильної машини вистачить на необхідний холод влітку, та частково покриє витрати на тепло в холодний період року. Завдяки налагодженій системі, в якій працюють і геліоколектори і тепловий насос стане можливим використовувати лише один твердопаливний котел в період пікових навантажень [6].

Проведено порівняння показників викидів шкідливих речовин під час експлуатації роздільних систем тепло- і холодопостачання та комбінованої системи. Встановлено, що викиди  $\text{NO}_x$  в роздільній системі складають 3,7 т/рік, а у комбінованій – 2,66 т/рік, тобто впровадження комплексної системи теплохолодопостачання дозволяє знизити викиди  $\text{NO}_x$  у навколишнє середовище під час експлуатації на 28 %.

Розроблено математичну модель теплових процесів у геліоколекторі. Використовуючи дану модель досліджено вплив кута нахилу колектора до горизонту на покриття ним навантаження гарячого водопостачання. Обрано оптимальний кут нахилу до горизонту для даної місцевості, що складає 35 градусів. На підставі проведених досліджень встановлено, що для забезпечення потреб ГВП готелю потрібно встановити 36 колекторів VFK 135 VD загальною площею 84,6 м<sup>2</sup>.

Виконано розрахунок теплової схеми центру теплохолодопостачання для максимально, середньота міжопалювального періоду, для яких визначено витрату палива яка складає 100 кг/год, 76,7 кг/год і 40 кг/год відповідно. Підбрано основне та допоміжне обладнання котельні, а саме водогрійні котли Wichlacz GKW-1, мережні, підживлювальні насоси, розширювальний бак об'ємом 150 л, обрано теплохолодильну машину AQUACIAT 2 ILDH-240 V холодильною потужністю 61,0 кВт а також димова труба висотою 12 м, діаметром 0,25 м.

Розроблено технологію монтажу системи підготовки води для гарячого водопостачання. Складено відомість необхідних для монтажу матеріалів, пристосувань та механізмів. Встановлено трудомісткість робіт та загальну тривалість робіт, що складає 34 доби.

Розроблена система автоматичного регулювання : температури мережної води на вході і виході з котла; температури прямої мережної води залежно від температури навколишнього середовища; температури води що надходить в систему опалення, систему гарячого водопостачання та вентиляції; тиску води на вході в котельню; співвідношення паливо-повітря. Підбрані необхідні засоби. Проведено розрахунок регулювального клапану і обрано клапан Danfoss VRG3Dy15.

Розроблені заходи з охорони праці. Проаналізовані можливі причини виникнення аварій на котельні та основні їх наслідки. Розраховані надмірні тиски вибуху пилоповітряної суміші в котельні. Розроблені заходи запобігання вибухів пилу в котельні.

Визначені техніко-економічні показники системи теплохолодопостачання такі як: річне виробниц-

тво теплоти 3639280 МДж/рік; собівартість теплової енергії 253,9грн./ГДж; сезонне виробництво холоду 188080 МДж; витрати на заробітну плату 106368 грн/рік; витрати коштів на електричну енергію 164062 грн/рік; загальні річні експлуатаційні витрати 924372,19 грн/рік.

### Висновки

Розглянуто декілька методів створення комплексної системи теплохолодопостачання : на основі техніко-економічних показників та на основі екологічних показників. Оцінено доцільність використання перерахованих методів у комплексі обираючи оптимальний варіант джерел теплоти та холоду. В результаті для впровадження рекомендується система теплохолодопостачання в якій теплохолодильна машина влітку відпускає холод, а взимку (при температурі зовнішнього повітря до -5 °С) працює в режимі теплового насосу і покриває потреби вентиляції і частково гарячого водопостачання, геліоколектори влітку повністю покривають потребу гарячому водопостачанні, водогрійні котли на дровах покривають взимку потреби опалення і у піки навантаження інші теплові потреби протягом року є ефективною і дозволяє заощадити понад 40 т умовного палива в рік.

Проведено дослідження екологічної ефективності. Порівнявши показники, виявилось, що після встановлення додаткового альтернативного обладнання, нам вдалося зменшити викиди шкідливих речовин таких як NO<sub>x</sub> на 28%

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки /Н. В. Харченко. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
2. Степанова Н. Д. Економічні та екологічні аспекти тепlopостачання на базі геліоустановок / Н. Д. Степанова, Т. І. Пилипенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – №5. – С. 65 – 68.
3. Патент України на корисну модель № 101178, МПК<sup>7</sup> F24D11/02. Система теплохолодопостачання / Степанов Д.В., Степанова Н.Д., Буянов А. О. //Промислова власність. – К. : Український інститут промислової власності. – 2015, бюл. № 16, опубл. 28.08.2015 р.
4. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум / О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 118 с.
5. Степанова Н. Д. Комбінована система тепlopостачання готельного комплексу на базі котельні на твердому паливі / Н. Д. Степанова, О. М. Бончук, В. О. Ковтонюк // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції “Інноваційні технології в будівництві – 2016”. – 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/view/1596>
6. Степанова Н. Д. Комбінована система теплохолодопостачання з використанням альтернативних та традиційних джерел енергії / Н. Д. Степанова, О. М. Бончук // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2017». – 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egeu2017/paper/viewFile/3398/2848>

**Степанова Наталія Дмитрівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Бончук Олег Миколайович** — студент групи ТЕ-16м, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Oleh.bonchuk@gmail.com](mailto:Oleh.bonchuk@gmail.com)

Науковий керівник: **Степанова Наталія Дмитрівна** — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Stepanova Nataliya D.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Bonchuk Oleg M.** – student of TE-16m, Department of Building, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [Oleh.bonchuk@gmail.com](mailto:Oleh.bonchuk@gmail.com)

Supervisor: **Stepanova Nataliya D.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia