

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕВЕРСИВНИХ ЧІЛЛЕРІВ «ПОВІТРЯ-ВОДА» В СХЕМАХ КОТЕЛЕНЬ НА РІЗНИХ ПАЛИВАХ

Вінницький національний технічний університет

*Проведено оцінку економічної ефективності застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в складі котельних на різних видах палива. До розгляду прийняте обладнання AQUACIAT з відомими технічними характеристиками. Наведено показники потужності конденсатора та компресора, а також коефіцієнти перетворення реверсивного чіллера в залежності від температури навколишнього середовища. Для оцінки ефективності встановлення реверсивних чіллерів «повітря-вода» обрано газову опалювальну котельню в с.м.т. Турбів, модернізовану шляхом встановлення пеллетних котлів потужністю 95 кВт.*

*Розглянуті варіанти встановлення реверсивних чіллерів в схемі водогрійних котелень на вугіллі, деревинних пеллетах, природному газі та електрокотелень, які працюють на потреби тільки опалення або і опалення і гарячого водопостачання. Виявлено умови економічно ефективного використання реверсивних чіллерів «повітря-вода» в водогрійних котельнях.*

*Ключові слова: реверсивний чіллер «повітря-вода», водогрійна котельня; економічна ефективність, термін окупності капіталовкладень, система гарячого водопостачання, система опалення*

### Вступ. Постановка задачі

Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів – одна з глобальних світових проблем, успішне вирішення якої, мабуть, матиме визначальне значення не лише для подальшого розвитку світової спільноти, але і для збереження місця його існування. Однією з перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є використання нових енергозберігаючих технологій, що використовують поновлювальні джерела енергії [1]. Сучасний стан техногенного навантаження енергетики на навколишнє середовище характеризується чималими викидами забруднювальних речовин підприємств паливно-енергетичного комплексу. Одним з напрямів науково-технічного прогресу є використання поновлюваних джерел енергії. Відновлювані або невичерпні енергоресурси – потоки енергії, що постійно або періодично діють у навколишньому середовищі. Основною перевагою використання відновлюваних енергоресурсів є їх невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню стану довкілля.

В даній роботі розглядаються варіанти зменшення витрат палива та шкідливих викидів на водогрійній котельні шляхом встановлення реверсивного чіллера «повітря-вода».

Реверсивні чіллери, що працюють на основі теплонасосних технологій, на сьогоднішній день є прогресивним технологічним устаткуванням, здатним витягувати енергію з природних джерел. Працездатність даних систем базується на наявності низькотемпературного тепла в землі, повітрі, ґрунтових водах і водоймах, яке потім перетворюється в високотемпературне, здатне обігріти будівлі і нагріти воду.

Реверсивні чіллери мають ряд переваг порівняно із іншими джерелами енергії [2]. Так, до них можна віднести економічність. Коефіцієнт ефективності реверсивних чіллерів значно більше одиниці, при цьому не спалюється паливо, відповідно, не утворюються шкідливі викиди в місці його встановлення і відповідно зменшується техногенне навантаження на навколишнє середовище.

В якості низькотемпературного джерела для такого обладнання використовується атмосферне повітря. Такий підхід не вимагає значних земельних ділянок та витрат на створення ґрунтових колекторів і може бути використаний у будь-якому місці. Реверсивні чіллери дають можливість підвищувати накоплену в атмосферному повітрі температуру за рахунок використання компресорів до 55°C. Така температура являється достатньою для використання в будівлях для опалення і гарячого водопостачання. Перевагами реверсивних чіллерів «повітря-вода» є: а) економічність; б) повсюдність застосування; в) екологічність; г) безпечність.

Мета роботи – зменшення витрат палива та шкідливих видів шляхом оцінювання ефективності застосування реверсивних чіллерів «повітря-вода» в складі котельень на різних видах палива.

### Аналіз роботи водогрійної котельні

Як приклад для оцінювання ефективності встановлення реверсивних чіллерів на водогрійній котельні обрано водогрійну котельню в с.м.т. Турбів, яка є джерелом теплопостачання дитячого садка та школи. На котельні було встановлено газові котли Житомир 3 АТЕМ.

Техніко-економічний аналіз показав високу собівартість виробництва теплоти на цій котельні, яка склала більше 2100 грн/Гкал. Запропоновано встановити два опалювальних твердопаливних котли марки «ЕНЕРГІЯ» моделі КВП 25-95 тепловою потужністю 95 кВт виробництва України. Теплове розрахункове навантаження на опалювальний пункт складає 177 кВт. Теплоносієм прийнято для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання - гаряча вода 85-70°C. Для обслуговування твердопаливних котлів передбачений персонал: машиніст котла – 4 чол. Для обслуговуючого персоналу передбачене приміщення операторської. Відвід продуктів згорання газоходами від котлів здійснюється в зовнішню трубу Ду250мм висотою 10,27 м [3]. Розрахунковий ККД котельні склав 0,851, річна витрата пеллетів 210 т/рік, собівартість теплоти 1115 грн/Гкал, а орієнтовний простий термін окупності капіталовкладень у пеллетні котли біля 3 років [3].

### Ефективність встановлення реверсивного чіллера на котельні

Під час виконання даного дослідження проведено оцінювання економічної ефективності застосування реверсивного чіллера «повітря-вода» AQUACIAT 2 90V в схемі котельні.

Розрахункова тепла потужність чіллера при температурі навколишнього повітря +20 і вище складає 29,7 кВт [2]. При зменшенні температури навколишнього повітря потужність конденсатора реверсивного чіллера зменшується. При цьому також зменшується його коефіцієнт перетворення (рис. 1).

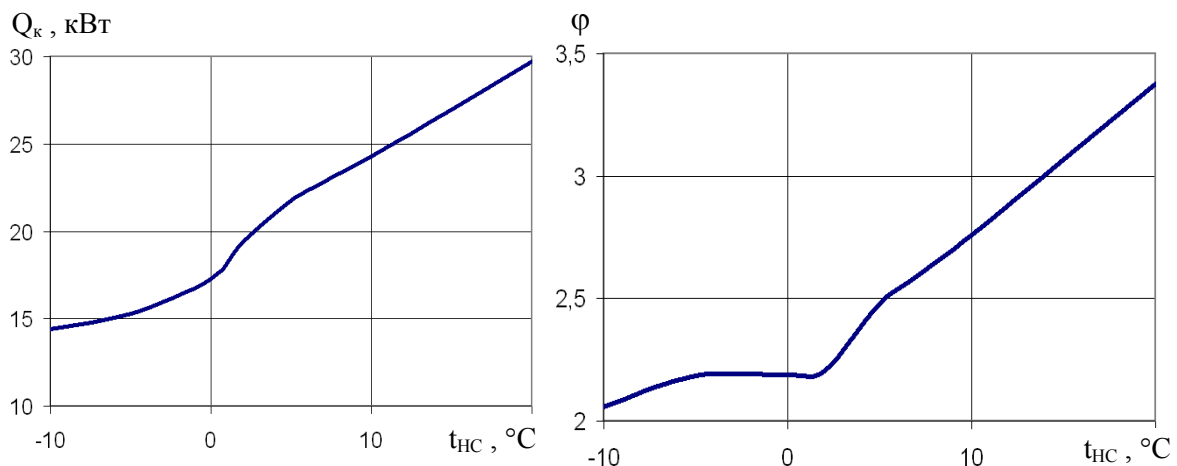


Рисунок 1 – Залежність теплової потужності  $Q_k$  та коефіцієнта перетворення  $\phi$  реверсивного чіллера від температури навколишнього повітря

Протягом року тривалість стояння температур може бути визначена для опалювального періоду за нормативними даними, а для неопалювального періоду за даними досліджень [4]. Дані представлено у таблиці 1.

З використанням даних характеристик реверсивного чіллера та даних табл. 1 і [5] було виконано дослідження економічної ефективності його встановлення на котельнях, що працюють на вугіллі, деревинних пеллетах, природному газі та на електрокотельні. Розглянуті котельні, що працюють тільки на потреби системи опалення (сезонний режим) та котельні, що постачають теплоту для опалення та гарячого водопостачання (цілорічний режим), причому потужність гарячого водопостачання не менше 30 кВт. Початкові дані та результати виконаних досліджень показані в таблиці 2.

## Тривалість стояння температур

Температури навколишнього середовища, °С	Кількість годин стояння в рік, год	Температури навколишнього середовища, °С	Кількість годин стояння в рік, год
+30 і менше	117	+2 і менше	740
+25 і менше	342	0 і менше	740
+20 і менше	765	-5 і менше	1225
+15 і менше	1381	-10 і менше	627
+10 і менше	563	-15 і менше	336
+7 і менше	1104	-20 і менше	130
+5 і менше	654	-25 і менше	31

## Початкові дані та результати досліджень економічної ефективності встановлення реверсивного чіллера «повітря-вода» на котельні

Показник	Тільки опалення				Опалення та гаряче водопостачання			
	котельня на вугіллі	котельня на пелетах	газова котельня	електро-котельня	котельня на вугіллі	котельні на пелетах	газова котельня	електро-котельня
Теплота згорання палива, кДж/кг, кДж/м <sup>3</sup> , кДж/кВт·год	22	12,2	32	3,6	22	12,2	32	3,6
Вартість палива, грн/кг, грн/м <sup>3</sup> , грн/кВт·год	3,0	2,5	9,0	1,8	3,0	2,5	9,0	1,8
Річне виробництво теплоти в чіллери, ГДж/рік	339,7				654,0			
Капіталовкладення, тис. грн	301,4							
Витрати на електроенергію для чіллера, тис. грн /рік	73,4				123,6			
Річна економія палива, кг, м <sup>3</sup> , кВт·год	18 829	33 546	12 063	96 283	36 255	64 590	23 226	185 386
Економія витрат на паливо, грн/рік	56489	83865	108 565	173 310	108 765	161 476	209 033	333 695
Річна економія від встановлення чіллера, грн/рік	- 44 067	- 16 691	8 009	72 754	- 41 971	10 739	58 296	182 958
Термін окупності капіталовкладень, років	---	---	37,6	4,14	---	28,1	5,17	1,65

Як видно з даних, наведених в таблиці 2, реверсивні чіллери «повітря-вода» мають значно кращі показники в системах, що працюють в теплий період року. Використовувати чіллери тільки для системи опалення малоефективно.

Аналізуючи отримані результати виявлено, що реверсивні чіллери «повітря-вода» економічно доцільно встановлювати на електрокотельнях та на газових котельнях, що працюють цілорічно на системи опалення та гарячого водопостачання. Терміни окупності таких проектів складають 1,65...5,17 року.

При встановленні чіллерів на котельнях, що працюють на менш дорогих паливах (вугілля, деревинні пеллети тощо) отримуємо занадто низьку ефективність або проекти взагалі не окуповуються.

З іншого боку, встановлення реверсивних чіллерів дозволяє зекономити значну кількість органічного палива та, відповідно, зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище в місці розташування котельні. Використання теплонасосних технологій для опалення, особливо в нічний час, дозволяє вирівнювати графіки споживання електроенергії, зменшувати витрати палива та шкідливі викиди при роботі електростанцій [6]. Подальший розвиток таких технологій дозволить зменшити ціну обладнання та якісно підвищити економічну ефективність впровадження таких систем.

### Висновки

- В роботі виконано оцінку ефективності встановлення реверсивного чіллера «повітря-вода» в теплові схеми водогрійних котелів на різних видах палива.
- Виявлено, що встановлення чіллера на газових котельнях, що працюють цілорічно, та електрокотельнях є економічно доцільним. Розрахункові орієнтовні терміни окупності таких проектів складають 1,65...5,17 років.
- Для котелів на вугіллі, пеллетах та інших недорогих паливах встановлення реверсивних чіллерів «повітря-вода» є на даний час недоцільним, хоча впроваджуючи такі системи можна досягати комплексного ефекту: економії органічного палива на котельні; шкідливих викидів при роботі котельні; вирівнювання графіку споживання електроенергії; зменшення витрати палива та шкідливі викиди при роботі електростанцій.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанов Д.В. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплохолодопостачання / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. – 2017. – №1. – С. 118-122 .
2. Технічні характеристики реверсивного чіллера AQUACIAT 2. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ciat.com>.
3. Степанов Д.В. Підвищення ефективності опалювальної котельні в с.м.т. Турбів /Д. В Степанов , О. К. Сулима. / Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України 2017», м. Вінниця, 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egcu2017/paper/view/3323/2794>.
4. Кордюков М.І. Оцінка енергоспоживання систем вентиляції та кондиціонування повітря // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2016. – №20. – С. 46-52.
5. Капіталовладення в теплонасосну установку. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://avante.com.ua/catalog/nasos\\_teplovoy\\_phoenix\\_-\\_30\\_aero\\_vozdukh-voda\\_30\\_kvт-05581/](http://avante.com.ua/catalog/nasos_teplovoy_phoenix_-_30_aero_vozdukh-voda_30_kvт-05581/).
6. Степанов Д.В. Ефективність електрокотельні з акумуляторами теплоти / Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України 2017», м. Вінниця, 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egcu2017/paper/viewFile/3360/2793>.

**Степанов Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет.

**Сулима Олександр Костянтинович** – студент, Вінницький національний технічний університет.

**D. Stepanov**

**O. Sulyma**

## EFFECTIVENESS OF "AIR-WATER" REVERSE CHILLERS APPLICATION IN SCHEMES OF VARIOUS FUELS BOILERS

Vinnitsia National Technical University

*An estimation of economic efficiency of the use of reversible chillers "air-water" in the composition of different types of fuel is carried out. Accepted equipment AQUACIAT with known technical characteristics is considered. The capacitance and compressor capacities, as well as the coefficients of reversing chiller conversion, depending on the*

ambient temperature, are shown. For the estimation of the efficiency of the installation of reversible chillers "air-water", a gas heating boiler-house was selected in the u.v. Turbiv, modernized by installing 95 kW of pellet boilers.

Considerations are given for the installation of reversible chillers in the scheme of water heating boilers on coal, wood pellets, natural gas and electric boilers, which work for the needs of only heating or heating and hot water supply. Conditions of economically efficient use of reversible chillers "air-water-water" in water-heating boiler houses are revealed.

Keywords: Reversible chiller "air-water", water heating boiler room; economic efficiency, payback period of investments, hot water supply system, heating system.

*Stepanov Dmitry* – candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University.

*Sulyma Olexandr* – student, Vinnytsia national technical University.

**Д. В. Степанов**

**А. К. Сулима**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕВЕРСИВНЫХ ЧИЛЛЕРОВ «ВОЗДУХ-ВОДА» В СХЕМАХ КОТЕЛЬНЫХ НА РАЗНЫХ ТОПЛИВА**

Винницкий национальный технический университет

Проведена оценка экономической эффективности применения реверсивных чиллеров «воздух-вода» в составе котельных на различных видах топлива. К рассмотрению принято оборудование AQUASIAТ с известными техническими характеристиками. Приведены показатели мощности конденсатора и компрессора, а также коэффициенты преобразования реверсивного чиллера в зависимости от температуры окружающей среды. Для оценки эффективности установления реверсивных чиллеров «воздух-вода» избран газовую отопительную котельную в пгт Турбов, модернизированную путем установления пеллетных котлов мощностью 95 кВт.

Рассмотрены варианты установки реверсивных чиллеров в схеме водогрейных котельных на угле, древесных пеллетах, природном газе и электрокотельных, работающих на нужды только отопления или и отопления и горячего водоснабжения. Выявлены условия экономически эффективного использования реверсивных чиллеров «воздух-вода» в водогрейных котельных.

Ключевые слова: реверсивный чиллер «воздух-вода», водогрейная котельная; экономическая эффективность, срок окупаемости капиталовложений, система горячего водоснабжения, система отопления.

*Степанов Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, Винницкий национальный технический университет.

*Сулима Александр Константинович* – студент, Винницкий национальный технический университет.