

ПЕРЕТВОРЕННЯ КОТЕЛЬНІ В МІНІ-ТЕЦ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ ФРЕОНОВОЇ ТА ПАРОВОЇ ТУРБІН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Показані похибки програм розрахунків водяної та фреонової пари. Наведені характеристики варіантів міні-ТЕЦ з фреоновою та паровою турбінами.

Ключові слова: теплова схема, паротурбінна установка, фреони, термін окупності.

Abstract

Errors of water and freon steam calculation programs are shown. The characteristics of variants of mini-TTP with freon and steam turbines are given.

Keywords: thermal scheme, steam turbine installation, freons, payback period.

Вступ

Відомим засобом підвищення ефективності використання палива в парових котельнях є встановлення парової турбіни паралельно редуційно-охолоджувальній установці. Активно розвивається напрямок утилізації низько потенційних вторинних енергетичних ресурсів (НВЕР) для вироблення електроенергії з використанням турбоустановок на низькокиплячих робочих тілах (НРТ). Такі турбоустановки можуть бути застосовані і в водогрійних котельнях для вироблення електроенергії приводів механізмів власних потреб. Метою роботи є оцінка техніко-економічних показників встановлення турбін на водяній та фреоновій парах.

Основна частина

В розрахунках турбоустановок використовуються термодинамічні параметри пари та рідини робочих тіл. Є доцільним визначати ці параметри за допомогою комп'ютерних програм. Для води та водяної пари у ВНТУ розроблена програма «ISD ВНТУ». Точність результатів розрахунків програмою «ISD ВНТУ» відносно загальноприйнятих таблиць теплофізичних властивостей води та водяної пари наступна. За прямими функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає 0,35%, ентальпії – 0,0842%, ентропії – 0,065%. За зворотніми функціями максимальна похибка розрахунків питомого об'єму складає 2,9 %, ентропії – 0,037 %, температури – 0,67% [1]. Точність програми «ISD ВНТУ» достатня для її використання на всіх етапах проектування парових турбоустановок.

У відкритому доступі є програма розрахунків фреонів THERMOPHYS [2]. Результати визначення похибок розрахунків програмою параметрів фреону R134a приведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Похибка розрахунку ентальпії (h) фреону R134a

t	P	$h_{\text{прог}}$	$h_{\text{дог}}$	$ h_{\text{прог}} - h_{\text{дог}} $	$\delta\%$
-30	0,084	380,6	380,31	0,29	0,076
-10	0,2	392,8	392,66	0,14	0,035
0	0,29	398,8	398,6	0,2	0,050
16	0,5	407,8	407,61	0,19	0,046
40	1,016	419,4	419,42	0,02	0,004
66	1,93	428,0	428,01	0,01	0,002

Таблиця 2 – Дослідження точності ентропії с робочого тіла фреон R134a в програмі «THERMOPHYS»

t	P	$S_{проз}$	$S_{довс}$	$/S_{проз} - S_{довс} /$	$\delta\%$
-30	0,084	1,753	1,753	0	0
-10	0,2	1,734	1,733	0,001	0,057
0	0,29	1,729	1,727	0,002	0,115
16	0,5	1,721	1,719	0,002	0,115
40	1,016	1,711	1,711	0	0
66	1,93	1,699	1,698	0,001	0,058

В таблицях: t , °C – температура; P , МПа – тиск; $h_{проз}$, кДж/кг – розрахована ентальпія; $h_{довс}$, кДж/кг – ентальпія з довідника; δ , % - похибка розрахунку; $S_{проз}$, кДж/кг·град – розрахована ентропія; $S_{довс}$, кДж/кг·град – ентропія з довідника. Отримані значення порівнюються з довідниковими даними [3].

В роботі [4] наведені параметри турбіни з робочим тілом R134a: на вході тиск $P_0 = 1,7$ МПа; температура $t_0 = 70$ °C; ентальпія $h_0 = 439,3$ кДж/кг. Параметри на виході: тиск $P_1 = 0,4$ МПа; температура $t_1 = 25$ °C; ентальпія $h_1 = 418,7$ кДж/кг. Витрата пари на турбіну $G = 20$ кг/с, потужність турбіни складає 331,7 кВт. Визначена за програмою THERMOPHYS при таких же параметрах потужність турбіни складала 330,012 кВт. Отже точність програми THERMOPHYS достатня.

Схема котельні з фреоновою турбіною наведена на рис. 1.

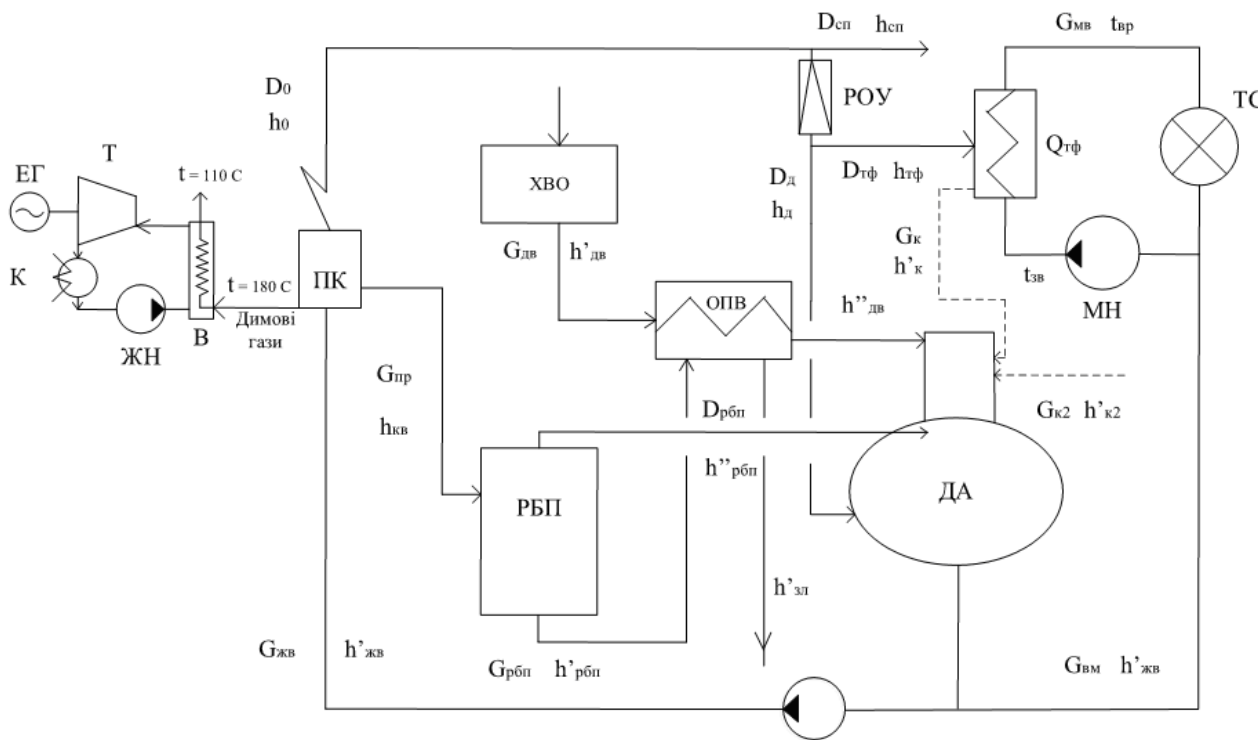


Рис.1. Схема котельні з фреоновою турбіною

Димові газы парогенератора (ПГ) охолоджуються в теплообміннику з 180 до 110 °C, випаровуючи рідкий фреон. Пара фреону надходить в турбіну (Т), вал якої обертає вал парогенератора (ЕГ). Пара з вихлопу турбіни конденсується в конденсаторі (К), конденсат з якого живильним насосом (ЖН) подається в теплообмінник.

В розрахунках середнє значення тарифу на електричну енергію приймалось 2,8 грн/кВт·год. Результати розрахунків варіантів з паровою та фреоновою турбінами наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Характеристики варіантів міні-ТЕЦ

№	Назва параметрів	Варіант	
		З паровою турбіною	З фреоновою турбіною
1	Потужність, кВт	358,83.	183,75.
2	Загальні капіталовкладення, млн.грн.	11,95	13,66
3	Термін окупності, років	2,37	8,27

Висновки

1. У розглянутому інтервалі змін параметрів пари фреону R134a похибка їх розрахунків програмою THERMOPHYS менше 0,2 %.
2. Терміни окупності варіантів міні-ТЕЦ з паровою та фреоновою турбінами складають 2,37 та 8,27 років при капіталовкладеннях 11,95 та 13,66 млн. грн. відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Головченко О. М. Дослідження точності програми розрахунків термодинамічних властивостей води та пари [Електронний ресурс] / О. М. Головченко О. М. Нанака, Л. В. Попсуй // Матеріали XLVIII Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 13–15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/7299>.
2. THERMOPHYS – Теплофізические свойства фреонов и других веществ (программа-справочник) [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу : <http://obscurityway.blogspot.com/2016/02/blog-post.html>
3. Теплофизические свойства фреонов (том 2) : Справочные данные / В. В. Алтунин, В. З. Геллер, Е. А. Кременевская, И. И. Перельштейн, Е. К. Петров – М.: Издательство стандартов, 1985. – 264 с.
4. Губенко, А. Л. Утилизация сбросной теплоты технологических процессов промышленного предприятия с целью выработки электроэнергии / А. Л. Шубенко, Н. Ю. Бабак, А. В. Сенецкий // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 7. – С. 23-29. [Електронний ресурс] - Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2012_7_5

Олена Миколаївна Нанака – к. т. н., доцент кафедри електромеханічних систем автоматизація в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: e_nanaka@ukr.net.

Олексій Михайлович Головченко – к. т. н., доцент, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизація в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: aleksey.golovch@gmail.com.

Ліна Віталіївна Попсуй – студентка групи ЕМ-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки.

Olena M. Nanaka – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Chair of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: e_nanaka@ukr.net.

Oleksiy M. Golovchenko – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Chair of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: aleksey.golovch@gmail.com.

Lina. V. Popsui – student of the group EM-18m, Department of Electroenergy and Electromechanics.