
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.311.22

Методика техніко-економічного обґрунтування впровадження парових турбін малої потужності в системах теплопостачання промислових підприємств та результати її розповсюдження на типові редуційно-охолоджувальні установки

Е.С. Малкін¹, О.Г. Погосов²

¹д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, saodhar@gmail.com

²аспірант, Київський національний університет будівництва і архітектури, pogosov_aleksandr@ukr.net

Розглянуто питання застосування методики техніко-економічного обґрунтування впровадження парових турбін малої потужності в циклах паропостачання промислових підприємств. Проаналізовано ряд типових редуційно-охолоджувальних установок, що застосовуються у вітчизняній промисловості. Подано результати розповсюдження методики, що пропонується, для широкого ряду типових редуційно-охолоджувальних установок.

Ключові слова: енергозбереження; техніко-економічне обґрунтування; парова турбіна малої потужності; редуційно-охолоджувальна установка.

Вступ. Неухильне зростання цін на енергоносії, очікуване в недалекому майбутньому, підвищення вартості природного газу, перевищення енерговитрат в нашій країні на одиницю валового продукту більш ніж в 2-3 рази в порівнянні з витратами у розвинених країнах, робить дуже актуальним завдання їх економії на всіх етапах виробництва і споживання. Для вирішення цих завдань можуть успішно використовуватися електрогенеруючі енергетичні установки малої потужності, що створюються на базі: парових машин, осьових і радіальних парових і газових турбін, гвинтових турбін та іншої техніки.

Завдання енергозбереження, пов'язані з установкою парових турбін малої потужності, можуть бути класифіковані наступним чином: заміна процесу дроселювання пари в редуційно-охолоджувальній установці на процес розширення пари в турбіні; використання надлишків встановлених

парогенеруючих потужностей промислових ТЕЦ; зниження параметрів теплоносіїв з надмірно високим потенціалом, що відправляються на вироблення теплоти; використання надлишків пари на підприємстві шляхом збирання їх у споживачів (використання струменевих компресорів, скидання надлишків пари в парову турбіну з регульованим відбором); перетворення котелень у міні ТЕЦ; поліпшення техніко-економічних показників функціонування ТЕЦ малої потужності, особливо в літній період.

На сьогоднішній день практично не існує сформованих методик техніко-економічного обґрунтування доцільності впровадження парових турбін малої потужності при заміщенні останніми існуючих редуційно-охолоджувальних установок (РОУ). Актуальним є завдання створення подібної методики та розповсюдження її на типові стандартні РОУ.

Особливо цікавим питанням є порівняння енергетичного та економічного сценаріїв заміни РОУ на парову турбіну малої потужності. Додаткове підживлення охолоджувальної води в РОУ призводить до збільшення витрати пари, що відповідно дає змогу зменшити кількість генерації теплоносія за паровим котлом. Впровадження парової турбіни малої потужності призведе до необхідності підвищення генерації теплоносія на джерелі теплової енергії. За основу техніко-економічного розрахунку та порівняння прийнято методику [1] із подальшим розповсюдженням основних її позицій на типовий ряд РОУ, що застосовуються у вітчизняній промисловості.

Для визначення ККД парової турбіни малої потужності застосовується залежність [2]:

$$\eta_{oi} = \left(0,925 - \frac{0,5}{G_{cp} \cdot V_{cp}} \right) \cdot \left(1 + \frac{H_{zp} - 600}{20000} \right) \cdot (1 - \xi_{b.c.}), \quad (1)$$

де: $G_{cp} = \sqrt{G_1 \cdot G_2}$ - середня витрата пари через групу ступіней, т/год;

$V_{cp} = \sqrt{V_1 \cdot V_2}$ - середній питомий об'єм, м³/кг;

H_{zp} - наявний теплоперепад, кДж/кг;

$\xi_{b.c.}$ - коефіцієнт втрат з вихідною швидкістю, в наближенні прийнято 0,2 [3].

Потужність протитискової турбіни, кВт:

$$N = G_{cp} \cdot H_{zp} \cdot \eta_{oi}, \quad (2)$$

Витрата живильної води на РОУ та додаткова масова витрата пари визначається згідно з методикою [1].

Типові характеристики редуційно-охолоджувальних установок подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики типових редукційно-охолоджувальних установок

Тип РОУ	Витрата пари, кг/год	Тиск на вході до РОУ, Р ₁ , Мпа	Температура на вході до РОУ, Т ₁ , °С	Тиск на виході з РОУ, Р ₂ , Мпа	Температура на виході з РОУ, Т ₂ , °С	Тиск живильної води, Р _в	Температура живильної води, Т _в	Ентальпія живильної води, Н _в , кДж/кг
РОУ 2,5	2500	1,6	350	0,6	190	3	104	438,128
РОУ 4,0	4000	0,6	350	0,3	136	1,8	104	437,237
РОУ 5,0	5000	1,6	350	0,6	190	1,5	104	437,014
РОУ 10	10000	4	440	1,4	200	3,6	104	438,573
РОУ 13	13000	1,2	320	0,6	160	1	90	377,688
РОУ 15	15000	1,2	320	0,6	160	1	104	436,643
РОУ 20	20000	4	450	2,3	350	6,4	104	440,655
РОУ 30	30000	4	450	2,3	350	5,4	104	439,911
РОУ 33	33000	1,5	200	0,2	150	2	104	437,385
РОУ 35	35000	1,5	200	0,2	150	2	104	437,385
РОУ 40	40000	4	450	2,3	350	6,4	104	440,655
РОУ 60	60000	4	450	2,3	350	6,4	104	440,655
РОУ 67	67000	1,6	270	0,12	120	2	104	437,385
РОУ 75	75000	3,4	425	0,8	250	4,5	150	634,744
РОУ 100	100000	9,8	500	2,5	360	3	104	438,128

Результати техніко-економічного обґрунтування наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні техніко-економічні показники заміни РОУ на парову турбину малої потужності та економічні ефекти заходу

Тип РОУ	ККД ПТМ, %	Потужність ПТМ, кВт	Витрата живильної води, кг/с	Тепловий еквівалент додаткової витрати, кДж/с	Економічний ефект впровадження ПТМ, кДж/с	Фінансовий тепловий еквівалент додаткової витрати, грн/год	Економічний ефект впровадження ПТМ, грн/год	Економічний ефект заміни, грн/год
РОУ 2,5	0,729	160,67	0,092	260,83	160,671	112,16	192,81	80,65
РОУ 4,0	0,734	355,16	0,211	576,33	355,160	247,83	426,19	178,37
РОУ 5,0	0,729	321,48	0,184	521,42	321,485	224,21	385,78	161,57
РОУ 10	0,736	1032,36	0,593	1662,61	1032,364	714,93	1238,84	523,91
РОУ 13	0,730	871,55	0,501	1383,41	871,550	594,87	1045,86	450,99
РОУ 15	0,730	1005,65	0,593	1636,77	1005,656	703,82	1206,79	502,97
РОУ 20	0,725	804,36	0,412	1291,19	804,367	555,22	965,24	410,02
РОУ 30	0,725	1206,66	0,618	1936,26	1206,662	832,60	1447,99	615,39
РОУ 33	0,719	177,41	0,106	293,13	177,413	126,05	212,90	86,85
РОУ 35	0,719	188,16	0,112	310,90	188,166	133,69	225,80	92,11
РОУ 40	0,725	1608,95	0,825	2582,39	1608,957	1110,44	1930,75	820,31
РОУ 60	0,725	2413,54	1,237	3873,58	2413,546	1665,66	2896,26	1230,60
РОУ 67	0,727	3418,73	2,065	5604,73	3418,733	2410,06	4102,48	1692,42
РОУ 75	0,730	5044,62	2,984	8804,06	5044,622	3785,79	6053,55	2267,76
РОУ 100	0,726	4593,23	2,333	7347,35	4593,232	3159,40	5511,88	2352,48

На рисунку 1 показана різниця в фінансовому еквіваленті від втрат енергоносія для генерації додаткової кількості пари та надходжень від виробництва електричної енергії при заміні РОУ на парову турбину малої потужності.

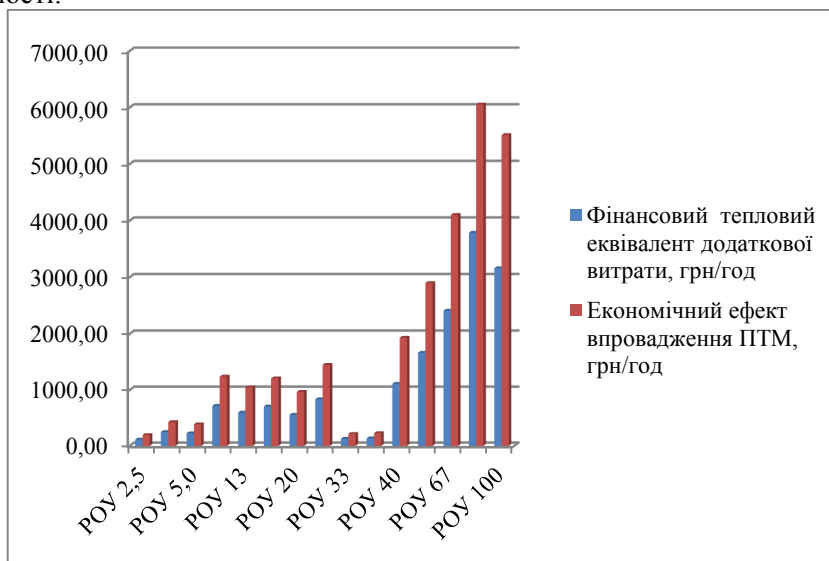


Рис. 1. Діаграма порівняння економічних показників додаткових затрат на генерацію пари та вироблення електричної енергії після впровадження парової турбіни малої потужності

Висновки. Досяжний економічний ефект від впровадження парових турбін малої потужності при заміні РОУ в циклах паропостачання промислових підприємств складає від 80 грн/год (для РОУ 2,5) до 2350 грн/год (для РОУ 100). Ця величина не враховує додаткові збитки від експлуатації парової турбіни малої потужності, її амортизації та повернення кредитних відсотків (для випадку кредитного інвестування). Визначення термінів окупності потребує додаткового аналізу вартостей устаткування та монтажу. Отримані величини можуть використовуватись для оцінки доцільності впровадження парових турбін малої потужності при заміні ними редуційно-охолоджувальних вузлів систем паропостачання промислових підприємств.

Література

- Капинос В. М. О целесообразности замены РОУ турбогенераторами с целью повышения эффективности использования пара котельных агрегатов / В. М. Капинос, В. В. Навроцкий // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: Динамика и прочность машин. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – № 10, т. 2. – С. 63-65.
- Щегляев А.В. Паровые турбины. Том 1 - Теория теплового процесса и конструкции турбин. Учебник для вузов: в 2 кн. Кн. 1. 6-е изд., переработанное, дополненное проф. Б. М. Трояновским. М.: Энергоатомиздат, 1993 г. - 384 с.: ил.
- Паровые турбины малой мощности КТЗ/ В.И. Кирюхин, Н.М. Тараненко, Е.П. Огурцова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.: ил.

Методика техніко-економічного обосновання впровадження парових турбін малої потужності в системах теплоснабження промислових підприємств і результати її розповсюдження на типові редукційно-охладительні установки

Э.С. Малкин, О.Г. Погосов

Рассмотрен вопрос использования методики технико-экономического обоснования для внедрения паровых турбин малой мощности в циклах пароснабжения промышленных предприятий. Проанализирован ряд типовых редукционно-охладительных установок, которые используются в отечественной промышленности. Даны результаты применения методики, которая предлагается, для широкого ряда редукционно-охладительных установок.

Ключевые слова: энергосбережение; технико-экономическое обоснование; паровая турбина малой мощности; редукционно-охладительная установка.

Feasibility study of small steam turbines implementation in the system of heat and steam supply and industrial distribution of results for the typical pressure-regulating and cooling installations.

E. Malkin, O. Pogosov

In this article the question of the use of the methodology of the feasibility study for the implementation of low-power steam turbines in industrial steam supply cycles was analysed. Also analyzed a number of standard installations pressure-regulating and cooling that are used in the domestic industry. Were Given the results of applying a methodology for a wide range of pressure-regulating and cooling installations.

Keywords: energy conservation; feasibility study; steam turbine low power; reduction-cooling unit.

Надійшла до редакції 04.06.2014 р.