

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ СИСТЕМ ПАРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ЗАМІНІ РЕДУКЦІЙНО- ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ ВУЗЛІВ НА ТУРБІНИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Активним заходом з енергозбереження в умовах енергетичної залежності України та постійного дефіциту паливних ресурсів можна вважати використання парових турбін малої потужності, які потенційно можливі до застосування в процесах утилізації надлишків енергії водяної пари. Таким чином, актуальним є дослідження потенціалів та подальше застосування комплексних систем генерації електричної та теплової енергій при заміщенні редуційних та редуційно-охолоджувальних установок в системах паропостачання промислових підприємств на базі існуючого обладнання.

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії стали останнім часом одним із найважливіших 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 світовому спільноту.

Одними з найменш дослідженими є питання енергозбереження, пов'язані з установкою парових турбін малої потужності, які можуть бути класифіковані наступним чином: заміна процесу дроселювання пари в редуційно-охолоджувальних установках 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 поетапного відбору їх у споживачів (використання струменевих компресорів, скидання надлишків пари в парову турбіну з регульованим відбором); перетворення котелень у міні ТЕЦ; підвищення техніко-економічних показників функціонування ТЕЦ малої потужності, особливо в літній період.

Суттєвого перегляду потребують і схеми паропостачання промислових підприємств. З огляду на те, що перепад тисків пари не використовується, а місце мають процеси дроселювання пари, доцільним буде застосування сучасних парових турбін малої потужності [1]. Крім

цього для загального покращення роботи систем паропостачання і підвищення ефективності окремих її елементів доцільним буде використання установок сепарації пари, інтенсифікація отримання пари вторинного скипання.

Таким чином загальним перспективним та необхідним напрямком є підвищення енергетичної та ексергетичної ефективності об'єктів парового теплопостачання шляхом заміни процесів дроселювання альтернативними процесами динамічного зниження тиску з виконанням технічної роботи (при використанні газових та парових турбін малої потужності). Детальніше задачі по напрямку можуть бути окреслені наступним чином: огляд перспективних об'єктів парового теплопостачання і їх схемних рішень, оцінка теоретичних потенціалів енергозбереження, аналіз технічної системи вироблення електроенергії в процесі динамічного зниження тиску, аналіз існуючих електрогенеруючих потужностей України з визначенням граничних порогів економічної доцільності експлуатації, дослідження впливів параметрів (температури, тиску та вологості) та витрат (робота в маневрових режимах) пари на ефективність турбінних установок малої потужності, дослідження процесів відділення вологи в двофазних середовищах та власне розробка енергоефективних принципових схем систем паропостачання.

Частина задач вже вирішувалась колективом авторів та публікувалися в ряді видань, основні результати та висновки з яких наведені нижче.

Визначення та дослідження критеріїв ефективності виробництва електроенергії на ТЕС України, дослідження технічного стану та енергетичних показників енергоблоків ТЕС, що знаходяться в експлуатації в Україні (на базі статистичного матеріалу по роботі діючих теплових електростанцій), дослідження динаміки цін та собівартості енергетичного вугільного палива в Україні та власне визначення граничного значення питомої витрати умовного палива на відпуск електричної енергії, як параметра, що визначає економічну доцільність заміни електрогенеруючого обладнання ТЕС детально розкрито в [2]. Значення величини граничного порогу економічно доцільної експлуатації склало $456,7 \pm 45,7$ г у.п./кВт·год виробленої електроенергії. Таке значення досягається в 2017 році.

Базові техніко-економічні показники впровадження класичних парових турбін малої потужності замість редуційно-охолоджувальних установок (РОУ) типового ряду наведені в [3]. 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).

Дослідження пристроїв розділення двофазного середовища з подвійним відведенням рідкої фази проведено в [4]. Ступінь сухості пари на досліджуваному експериментальному відцентровому сепараторі з

подвійним відведенням рідкої фази склала 0,984-0,998 і залишалась стабільною в маневрових режимах (в рамках дослідження 15-45 м/с в тангенціальному вводі до сепараційного пристрою).

Нижче наводимо огляд перспективних об'єктів парового теплопостачання та оцінку теоретичних потенціалів енергозбереження, проведеного в рамках натурних досліджень колективом авторів. Огляд деяких парових турбін малої потужності, які доступні в рамках лінійного виробництва наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Огляд сучасних парових турбін малої потужності

Виробник	ПАТ «Калузький турбінний завод»	ПАТ «Пролетарський завод»	ПАТ «Електро-технічна корпорація»	ПАТ «Криворізький турбінний завод «Констар»
Найменування	ТГ 0,5А/0,4Р 13/3,7	ПТГ Р-0,6-15/3	ПРОМ 500/1500-Е-14/3	ПТУ 250-14/5
Тип установки	Паротурбо-генератор	Паротурбо-генератор	Парова роторна машина	Паротурбо-генератор
Потужність, кВт	500	600	500	250
Редуктор	Є	Є	Ні	Ні
Номінальний тиск пари до турбіни, МПа	1,3	1,5	1,4	1,4
Номінальна температура пари до турбіни, °С	250	350	194	250
Тиск пари після турбіни, МПа	0,37	0,3	0,3	0,5
Температура пари після турбіни, °С	-	230	132	170
Витрата пари, т/год	13,2	9	9,1	10
Маса (з генератором), т	9,39	10	5,7	4
Довжина, мм	4235	5110	2810	3330
Ширина, мм	2130	2100	1100	1800
Висота, мм	2270	3110	1205	1235

В таблиці 2 подаються класичні параметри пари технологічних ліній.

Таблиця 2

Характерні технологічні параметри пари різних технологічних процесів

Технологічні споживачі водяної пари	Тиск, МПа	Температура, °С
Автоклави циліндричні (ніздрюватий бетон та пінобетон)	до 1,6	до 210
Ямна пропарювальна камера (ЗБ вироб): - одностороння - двостороння	0,05	80-90 до 100
Тунельні стерилізація та пастеризація (харчова промисловість)	0,2	121-150
Сушильні камери (деревообробка)	0,15-0,3	115-160
Модуль дезодорації (етап рафінації олії)	0,3-0,67	220-230
Установка асептичної консервації (харчова)	0,1-0,3	до 140
Ланцюгові пляшкомиючі машини	0,3	130
Варильні котли (кондитерська промисловість)	0,2-0,6	108-112
Круглосіткові циліндричні вали (сушіння паперу)	0,5-0,6	160-165
Бункери підігріву інертних речовин (пісок, глина і т.п.)	0,4	150
Пропарювальна камера (тротуарна плитка)	0,1	85-90

Мінімальна витрата пари, необхідна для роботи найменшої в типоряді протитискової турбіни типу Р без регульованого відбору пари складає 21,7 т/год. Таким чином по результатам обстеження ряду підприємств та літературному пошуку автор виділяє діапазон витрат пари на рівні 4-22 т/год, які можуть бути цікавими в рамках дослідження. Витрати пари, нижчі за вказаний діапазон практично не мають місця або забезпечуються місцевими парогенераторами, а у випадку наявності таких – працюють в сильно маневрових режимах. Витрати пари, вищі за вказаний діапазон відповідають роботі класичних енергетичних турбін.

Таблиця 3

Параметри пари, отримані при натурних обстеженнях

	Кременчуцький завод технічного вуглецю	Морський торговий порт «Южний»	Зміївська ТЕС
Витрата пари, т/год	1x5..12 т/год	2x4 т/год	2x20, 4x60 т/год (сильно маневровий режим)
Перепад тиску РОУ	16 Ат – 4 Ат	16 Ат – 2 Ат	150 Ат – 20 Ат
Досяжна потужність	0,5 МВт	2x0,2 МВт	25 МВт

Подібний діапазон витрат та параметрів пари був також підтверджений рядом натурних обстежень, основні результати яких подані в таблиці 3.

Для дослідження можливості заміни РОУ на комплекс динамічного зниження тиску створено експериментальний стенд (рис. 1), який дозволяє проводити експериментальні дослідження ефективності роботи аксіальної газової турбіни Garret GTB1549V при роботі насиченим та перегрітим паром.

Результатами експериментальних досліджень стала перевірка на спроможність роботи газових турбін малої потужності насиченим та перегрітим паром. Досяжні електричні коефіцієнти корисної дії установки на даний час склали від 35 до 62% в маневрових режимах. Варто зауважити, що мова не йде про ККД циклів (на кшталт КПД циклу ТЕС чи АЕС, які складають від 20 до 35%): фактично отримані значення є внутрішнім коефіцієнтом корисної дії досліджуваної турбіни. Очевидно, що отримані показники є значно нижчими ніж для класичних енергетичних турбін (внутрішній ККД яких складає до 95%). Проте слід пам'ятати, що в у випадку заміни РОУ маємо справу з «надлишковою» енергією, яка на даний час втрачається на зміну структури потоку при дроселюванні.

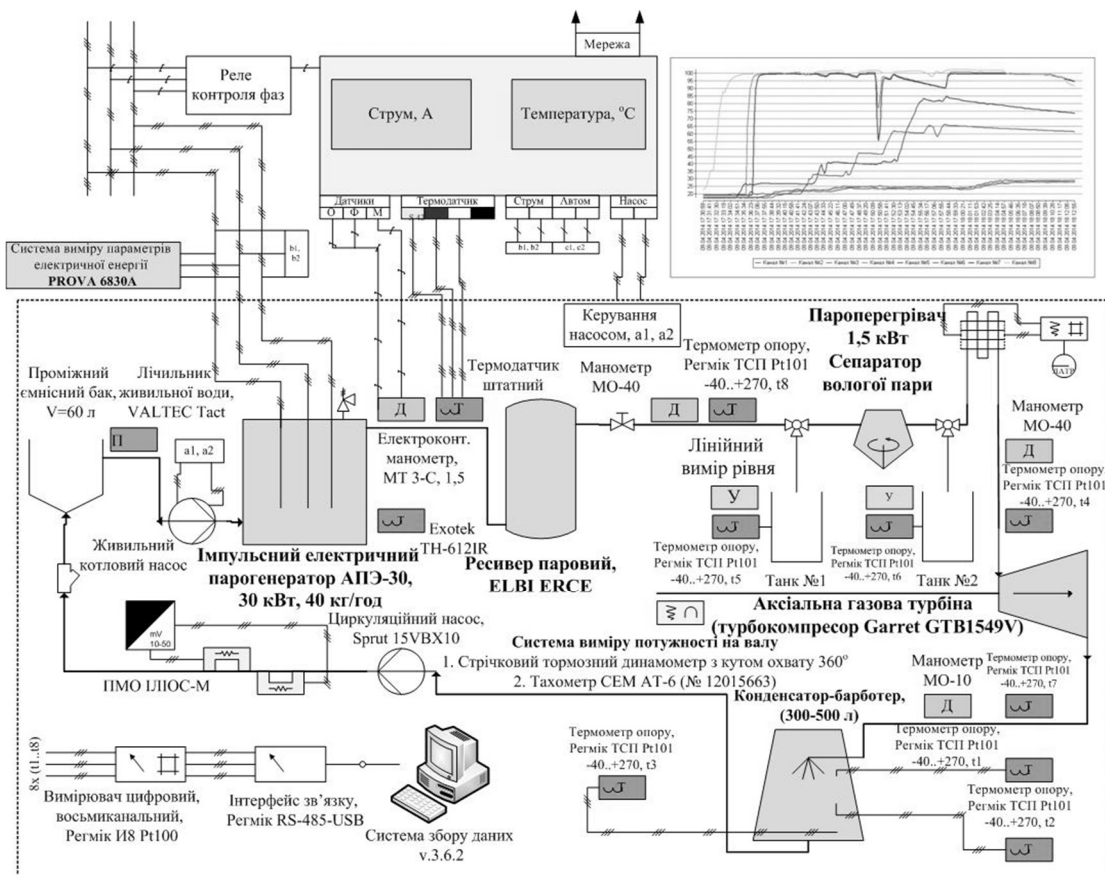


Рис. 1. Схема експериментального стенду для дослідження ефективності роботи пристроїв динамічного зниження тиску

Література

1. *Кирюхин В.И. и др.* Паровые турбины малой мощности КТЗ. М.: Энергоатомиздат. 1987 г. - 386 с.
2. *Падерно Д.Ю., Погосов О.Г.* Визначення порогу граничної економічної доцільності подовження експлуатації обладнання теплових електростанцій. Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: Материалы XXII международной конференции (8-12 июня 2012 г., г. Ялта, пгт. Кореиз)/Институт промышленной экологии. - К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2012. - 256 с.
3. *Малкін Е.С., Погосов О.Г.* Методика техніко-економічного обґрунтування впровадження парових турбін малої потужності в системах теплопостачання промислових підприємства результати її розповсюдження на типові редукційно-охолоджувальні установки. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. – Вип. 17/відповідальний редактор Е.С. Малкін. – К.: КНУБА, 2014. – 148 с.
4. *Погосов О.Г., Малкін Е.С.* Експериментальні дослідження ефективності відцентрових сепараційних пристроїв з подвійним відведенням рідкої фази. Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Зб. Наук. праць/ Уклад. М.Д. Кізеєв, О.С. Новицька. – Рівне: НУВГП, 2015. – 198 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМ ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ЗАМЕНЕ РЕДУКЦИОННО-ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ НА ТУРБИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

А. Г. Погосов

Активным средством энергосбережения в условиях энергетической зависимости Украины и постоянного дефицита топливных ресурсов можно считать использование паровых турбин малой мощности, которые потенциально возможны к применению в процессах утилизации избытков энергии водяного пара. Таким образом, актуальной задачей является исследование потенциалов и последующее применение комплексных систем генерации электрической и тепловой энергий при замещении редукционных и/или редукционно-охладительных установок в системах пароснабжения промышленных предприятий на базе существующего типового оборудования.

**THE RESEARCH OF POTENTIAL OF INDUSTRIAL ENTERPRISES
STEAM SUPPLY SYSTEMSWITH SMALL STEAM TURBINES IN
PLACES OF PRESSURE-REDUCING COOLING UNITS**

Aleksandr G. Pogosov

Active means of energy saving in terms of energy independence of Ukraine and the persistent deficit of fuel resources can be considered as the use of steam turbines of small capacity, which is potentially possible to use in the process of disposing of excess energy of steam. Thus, the urgent task is to investigate the potentials and the subsequent application of the integrated systems of electricity and thermal energy generation by substituting of the reduction and/or reducing-cooling installations of industrial enterprises steam supply systems based on existing types of equipment.