

## **ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОТИТИСКОВИХ ТУРБІН НА ПРОМИСЛОВИХ ТЕЦ ДЛЯ ТЕПЛОФІКАЦІЇ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Здійснено аналіз і визначено основні показники ефективності роботи турбогенератора з паровою турбіною ПР-6-35/5/1,2 при різних парових навантаженнях.*

**Ключові слова:** парогенератор, парова турбіна, електрогенератор, умовне паливо, питома витрата.

### **Abstract**

There had been analyzed the operation of turbogenerator with steam turbine ПР-6-35/5/1,2 with further determination of the main indices of its efficiency under different steam loads.

**Key words:** steam generator, steam turbine, electrical generator, coal equivalent, discharge intensity

### **Вступ**

На багатьох промислових теплоелектроцентралях (ТЕЦ), переробних підприємствах оснащення технологічних споживачів пари здійснюється від протитискових турбін різних модифікацій. Оптимальні режими роботи таких турбін досягаються для номінальних теплових і електричних навантажень. Але тепер ситуація змінилась, коли в разі спаду або зміни профілю технологічного виробництва скоротилось або навіть повністю припинилося споживання пари. У зв'язку з цим стало неможливим виробляти заплановані електричні навантаження. Більшість протитискових турбін або зовсім не працюють або працюють на неповну електричну і теплову потужності. Робота таких паротурбінних установок (ПТУ) в режимах неповного навантаження характеризується неефективним використанням робочого палива, оскільки значно знижується коефіцієнт корисної дії (ККД) основного та допоміжного обладнання ПТУ. Одним із варіантів вирішення даної проблеми є часткове або повне переведення протитискових турбін на теплофікаційний режим роботи [1 – 6]. Такий варіант реалізується за рахунок зміни теплової схеми ПТУ. Зважаючи на вищевикладене, ставилась задача дати кількісну оцінку ефективності роботи ПТУ з протитисковою турбіною, яка має проміжний відбір пари та працюватиме для потреб теплофікації.

### **Основна частина**

Для прикладу розглянемо теплову схему ПТУ з протитисковою турбіною ПР-6-35/5/1,2. Такі турбіни широко використовуються на промислових ТЕЦ невеликої потужності для постачання пари технологічним споживачам двох тисків. Теплова схема такої ПТУ з додатковим теплофікаційним контуром показана на рис. 1. На рис. 1 позначені температури ( $t$ ), ентальпії пари та рідини ( $h$  і  $h'$ ), відповідно, в характерних вузлах та лініях схеми. З регульованого відбору турбіни з тиском  $P_1 = 0,5 \pm 0,1$  МПа заживлено: споживачі технологічної пари, підігрівник живильної води 19 і так званий «верхній» підігрівник мережної води 4 системи теплофікації. З протитиску турбіни з тиском  $P_2 = 0,12$  МПа заживлено: споживачі технологічної пари, деаератор атмосферного типу 14 та «нижній» підігрівник мережної води 6. Технічні характеристики турбіни визначались з [7 – 8]. Для номінальної електричної потужності 6 МВт витрата пари з регульованого відбору турбіни складає 38,2 т/год, а із протитиску – 16,5 т/год. При цьому останній відбір пари є мінімальним для нормального (безвентиляційного) режиму роботи останніх східців турбіни. Витрата пари на турбіну в разі відключення відбору пари складатиме 41,5 т/год. Температури живильної та деаераційної води складають 145 і 104 °С, відповідно.

Конденсати гріючої пари з підігрівників мережної води подають на підігрівання сирі та хімічищеної води в підігрівниках 17, 10 та 9. Додаткова вода використовується для компенсації втрат конденсату і води в схемі.

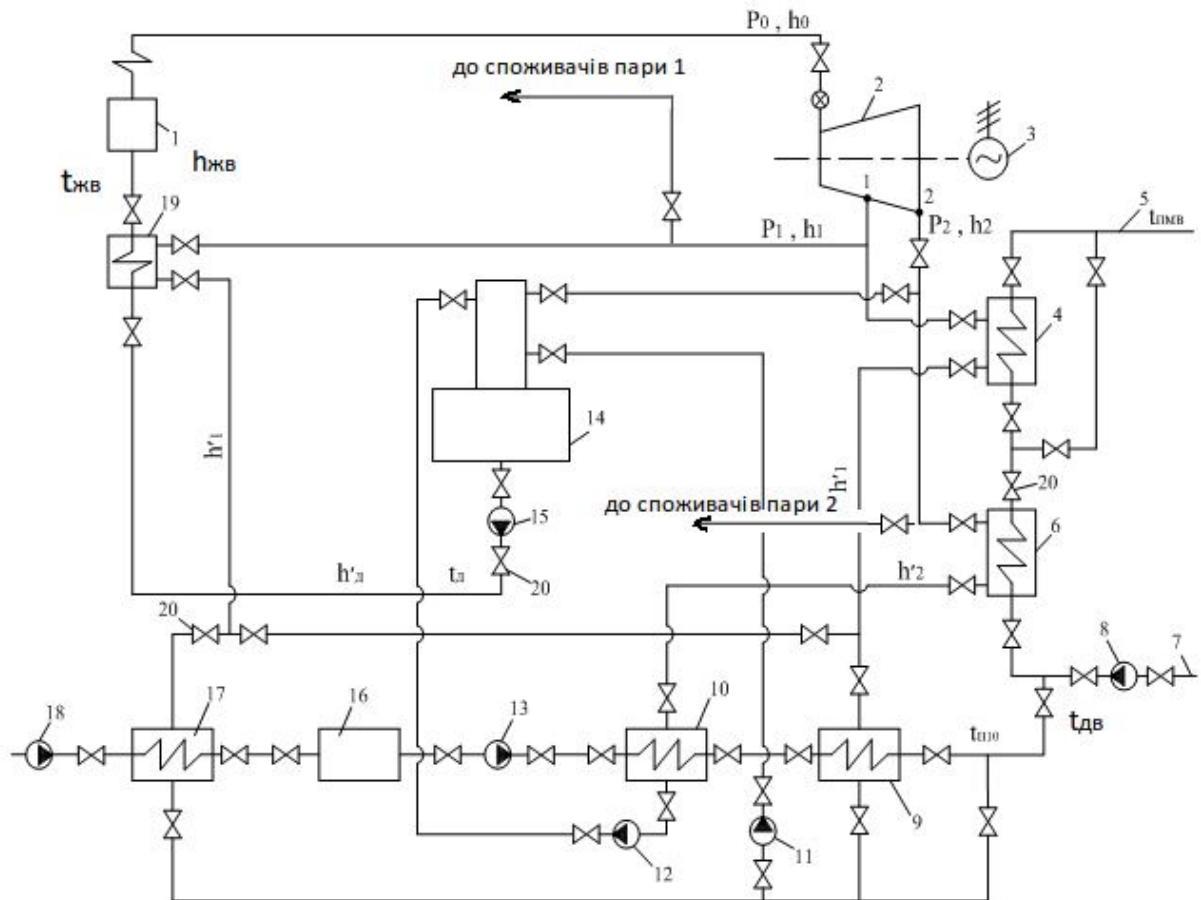


Рисунок 1 – Теплова схема ПТУ з турбіною ПР-6-35/5/1,2 для перенесення теплофікаційного навантаження:

1 – парогенератор; 2 – парова турбіна; 3 – електрогенератор; 4 – «верхній» підігрівник мережної води; 5 – лінія прямої мережної води; 6 – «нижній» підігрівник мережної води; 7 – лінія мережної води, що повертається; 8 – насос мережної води; 9 і 10 – підігрівники додаткової хімічищеної води; 11 і 12 – дренажні насоси; 13 – насос хімоводоочистки (ХВО); 14 – деаератор атмосферного тиску; 15 – живильний насос; 16 – ХВО; 17 – підігрівник мережної води; 18 – насос сирі води; 19 – підігрівник живильної води; 20 – арматура.

В умовах роботи ПТУ для теплофікації варто розглянути два принципово різних режими. В опалювальний сезон загальне теплове навантаження (на опалення та гаряче водопостачання) виробляється як за рахунок теплової потужності пари з відбору турбіни, так і за рахунок потужності пари з протитиску. При цьому працюють обидва підігрівники мережної води і підігрівник живильної води; забезпечується температурний режим системи теплофікації 130/70 °С та температура живильної води 145 °С. В цьому випадку зміна теплового навантаження опалення в залежності від температури навколишнього середовища здійснюється шляхом зміни витрати пари з відбору турбіни. Зменшення витрати пари з відбору зменшує загальну витрату пари на турбіну, внаслідок чого зменшується електрична потужність що виробляється N.

В неопалювальний період навантаження гарячого водопостачання значно менше, але більш стабільне. Необхідна теплова потужність виробляється лише парою з протитиску турбіни. При цьому витрата пари на турбіну зменшується, а відповідно, зменшується виробництво електричної потужності.

Розрахунки теплових схем ПТУ показують, що зі зменшенням електричної потужності зменшуються енергетичні показники ефективності роботи ПТУ (збільшуються питомі витрати палива і зменшується значення коефіцієнтів використання теплоти палива). Вплив теплових навантажень на вироблення електроенергії розглянуто в [9]. В зв'язку з вищевикладеним найбільш раціональними режимами роботи розглянутих турбін слід вважати режими з номінальним виробництвом електричної потужності. Розрахункові показники роботи ПТУ з турбіною ПР-6-35/5/1,2 за умови, що  $N = \text{const} = 6\text{МВт}$  зведені до таблиці 1.

Таблиця 1

### Основні показники роботи ПТУ

Показники	Для витрати пари з відбору турбіни				
	0	0,24	0,45	0,57	0,68
Загальна витрата пари на турбіну, т/год	41,51	44,85	48,20	50,41	52,62
Температура живильної води, °С	104	104	145	145	145
Витрата пари з протитиску турбіни, т/год	41,51	34,05	26,56	21,6	16,63
Теплова потужність пари з протитиску турбіни, МВт	26,5	21,75	17	13,8	10,64
Теплова потужність пари з відбору турбіни, МВт	0	6,85	13,7	18,2	22,82
Загальна відпущена теплова потужність, МВт	26,5	28,6	30,7	32	33,46
Витрата умовного палива, т/год	4,54	4,76	5,01	5,15	5,28
Питома витрата умовного палива на виробництво енергії, кг/ГДж	38,80	38,21	37,92	37,64	37,16
Коефіцієнт використання теплоти теплофікацією	0,879	0,893	0,900	0,906	0,918

З даних, наведених в таблиці, видно, що в разі роботи турбіни ПР-6-35/5/1,2 з постійною номінальною електричною потужністю, збільшення витрати пари з регульованого відбору турбіни зумовлює підвищення її енергетичної ефективності. Слід відзначити, що ефективність роботи паротурбінних установок з протитисковими турбінами типу ПР вища, ніж з турбінами типу ТР [3]. Останні також відрізняються більш складною тепловою схемою. Отримані результати є необхідною передумовою для експрес-аналізу роботи ПТУ, визначення оптимальних режимів роботи в умовах змінних теплових навантажень та постійного виробництва номінальної електричної потужності.

### Висновки

1. В умовах часткового зменшення або повного припинення споживання технологічної пари на промислових ТЕЦ перехід протитискових турбін типу ПР на теплофікаційний режим роботи дозволить постійно виробляти номінальну електричну потужність.
2. Найбільш ефективна робота розглянутих паротурбінних установок, які виробляють номінальну електричну потужність, досягається при більш завантажених відборах турбіни.
3. Переведення протитискової турбіни на теплофікаційний режим роботи не потребує суттєвих змін в тепловій схемі.
4. Ефективність роботи паротурбінних установок з турбінами типу ПР вища порівняно з турбінами типу ТР, які відрізняються більш складною тепловою схемою.
5. Отримані результати дають можливість прогнозувати та визначати оптимальні режими роботи паротурбінних установок з протитисковими турбінами типу ПР в разі зміни навантажень теплових споживачів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баринберг Г. Д. Повышение эффективности промышленно-отопительных ТЭЦ при снижении или прекращении отпуска технологического пара / Г. Д. Баринберг, В. В. Коженко // Теплоэнергетика, 2000. – № 2. – С. 11 – 15.
2. Чепурной М. Н. Актуальность переоборудования промышленных ТЭЦ / М. Н. Чепурной, Е. В. Антропова // Энергосбережение, 2008. – № 12. – С. 13 – 16.
3. Ивановский А. А. Перспективы строительства ТЭЦ с паровыми турбинами с противодавлением / А. А. Ивановский, А. Ю. Культышев, М. Ю. Степанов // Теплоэнергетика, 2014. – № 12. – С. 37 – 41.
4. Чепурний М. М. Аналіз застосування протитискової турбіни ПР-6-35/5/1,2 для теплофікації / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, Є. С. Корженко. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2013. – № 1. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/e-journals/VNTU/2013\\_1/2013-1.files/uk/13mmcfhs\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/VNTU/2013_1/2013-1.files/uk/13mmcfhs_ua.pdf)
5. Чепурний М. М. Теплоелектроцентрали на базі опалювальних котелень і газотурбінних установок / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, С. В. Поліщук. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2015. – № 3. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/4/4>
6. Чепурной М. Н. Газотурбинные теплоэлектроцентрали на базе отопительных котельных / М. Н. Чепурной, Н. В. Резидент // Энергетическая стратегия. – 2014. – № 4 (40). – С. 34 – 36.
7. Кирюхин В. И. Паровые турбины малой мощности КТЗ / В.И.Кирюхин, Н.М.Тараненко, Б. П. Огурцова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 С.
8. Номенклатурный каталог. Энергетическое оборудование для тепловых электростанций и промышленной энергетики / [ред. В. Бутина]. – М.: ЦНИИТЭИ. – Тяжмаш, 1997. – ч. 3. – 154 с.
9. Чепурний М. М. Аналіз роботи протитискових турбін на теплоцентралях / М. М. Чепурний, С. І.Ткаченко// Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010. – № 1. – С. 52 – 54.

**Чепурний Марко Миколайович** – к. т. н., професор кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Резидент Наталія Володимирівна** – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rezidentnv@mail.ru

**Затолочний Олександр Ігорович** – студент групи ТЕ – 136, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Mark Chepurnyi** – Cand. Sc. (Eng.), Professor with the Department of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Nataliya Resydent** – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rezidentnv@mail.ru

**Olexandr Zatolochnyi** – student group TE – 136, Faculty of Civil Engineering, Heat and Power engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia