

5.4 Дослідження перенесення робочого середовища у регенеративному повітропідігрівнику типу РПП-54М2 після його модернізації

Формування енергетичної безпеки країни є одним із заходів ефективного використання теплової енергії. У цьому напрямку є першочерговим впровадження ефективних рішень та новітніх технологій, які направлені на зменшення залежності держави від імпорту енергетичних ресурсів, підвищення конкурентоспроможності вітчизняного виробництва, зниження техногенного навантаження на довкілля. Проблема енергоефективності та енергоємності для всіх галузей України на сьогоднішній день є ключовою.

Основна частина введених потужностей в Україні припадає на теплові електричні станції (ТЕС), які працюють на твердому, рідкому та газоподібному паливі. Збільшення споживання палива і його вартість на ТЕС спонукає до необхідності удосконалення процесів спалювання та процесів утилізації теплоти відхідних димових газів. Одним із основних завдань сучасної енергетики є підвищення економічності і надійності роботи сучасних котельних агрегатів.

Метою досліджень реконструйованих регенеративних повітропідігрівників котла ТП-100 було визначення гарантійних показників його роботи згідно з паспортними даними, які подав завод-виробник [281].

Під час досліджень основні експлуатаційні параметри роботи котла та допоміжного устаткування визначались приладами штатного контролю блочного та місцевого щитів управління, показами системи керування і контролю (СКК) блоку.

Паливна лабораторія хімічного цеху ТЕС надала результати аналізів проб твердого палива ($Q_{\text{н}}^{\text{р}}, A^{\text{р}}, W^{\text{р}}, S^{\text{р}}, V^{\text{р}}$), вугільного пилу ($W^{\text{п}}, R_{90}$) вмісту горючих у виносі та жужелі ($\Gamma_{\text{вин}}, \Gamma_{\text{жуж.}}$).

Коротка характеристика устаткування. Однобарабанний котел ТП-100 був оснащений чотирма регенеративними повітропідігрівниками типу РПП-54М2, у кожному із яких було 24 сектори: 13 секторів знаходились у газовій частині, 9 – у повітряній, 2 сектори – під радіальними ущільненнями.

Під час капітального ремонту енергоблока було проведено заміну існуючих РПП на нові – РПП-54М2 з однаковою кількістю розташування секторів у газовій і повітряній частині повітропідігрівників – по 11 секторів та 2 сектори, які закриті радіальними ущільненнями.

Згідно з технічними вимогами до РПП-54М2 повинні бути гарантовані такі показники роботи повітропідігрівників:

- присмокти в РПП – $8\% \pm 1\%$ визначені згідно методики ASME PTC 4.3-91 [282] гарантувало такі показники роботи повітропідігрівників;
- підтримання температури відхідних газів на рівні $142 \div 145$ °С, підігрів повітря до температури $235 \div 240$ °С за температури повітря на вході в повітропідігрівник – 50 °С та розрахункової температури димових газів перед РПП – 288 °С.

Ці показники визначались в процесі даних випробовувань і подальших розрахунків на основі цих замірів.

Методика випробовувань і обсяг вимірювань. Випробовування регенеративних повітропідігрівників проводились згідно з [283, 284, 285, 286].

На працюючому котлі після виконання робіт по регулюванню радіальних і аксіальних ущільнень РПП при навантаженні котла 90 % від номінального з витратою живильної води 580 т/год, що відповідає електричній потужності 191,5 МВт, на кожному з чотирьох РПП проводились випробовування.

У процесі визначення експлуатаційних швидкостей повітря та димових газів до і після РПП виявлено значну пульсацію середовища в коробах, неоднорідність потоку, що не дало можливості використати дані вимірювання для аналізу.

Розрідження в коробах РПП визначались за допомогою U – подібних манометрів. Величини перетікання і перенесення робочого середовища визначались двома методами. Перший метод визначення: відповідно до стандарту по методиці ASME PTC 4.3-91 [282], за яким присмокти в РПП у відсотках визначаються як відношення кількості повітря, яке перетікає в димові гази до кількості димових газів на вході в РПП. За основу розрахунків

приймається вміст двоокису вуглецю (CO_2) у відхідних димових газах та визначається показником $\varphi_{\text{перетікання}}$:

$$\varphi_{\text{перетікання}} = \frac{\% \text{CO}_2^{\text{вх\ddot{u}}д}_{\text{РПП}} - \% \text{CO}_2^{\text{вих\ddot{u}}д}_{\text{РПП}}}{\% \text{CO}_2^{\text{вих\ddot{u}}д}_{\text{РПП}}}, \%. \quad (1)$$

Другий метод визначення: відповідно до методики [284], згідно з якою присмоккти повітря ($\Delta\alpha$) визначаються як різниця коефіцієнтів надлишку повітря після і до РПП:

$$\Delta\alpha = \alpha''_{\text{РПП}} - \alpha'_{\text{РПП}}, \quad (2)$$

де згідно з [285] визначається коефіцієнт надлишку повітря (α):

$$\alpha = \frac{21 - 0,02 \cdot O_2}{21 - O_2}. \quad (3)$$

Результати випробовувань

Для кожного з чотирьох РПП-54М2 проводилось заміри полів на вході та виході з метою визначення складу (RO_2 , NO_x , CO , O_2) та температур відхідних димових газів [287].

Котел працював під час спалювання кам'яного вугілля. Параметри роботи підтримувались постійними – згідно з режимною картою. Схема вимірювань під час дослідження газоповітряного тракту котла зображена на рис. 1. Визначення складу продуктів спалювання, відхідних димових газів, проводилось газоаналізаторами ДАГ 500 та TESTO 350 S/L. Місця врізок штуцерів і точок заміру показані на рис. 2.

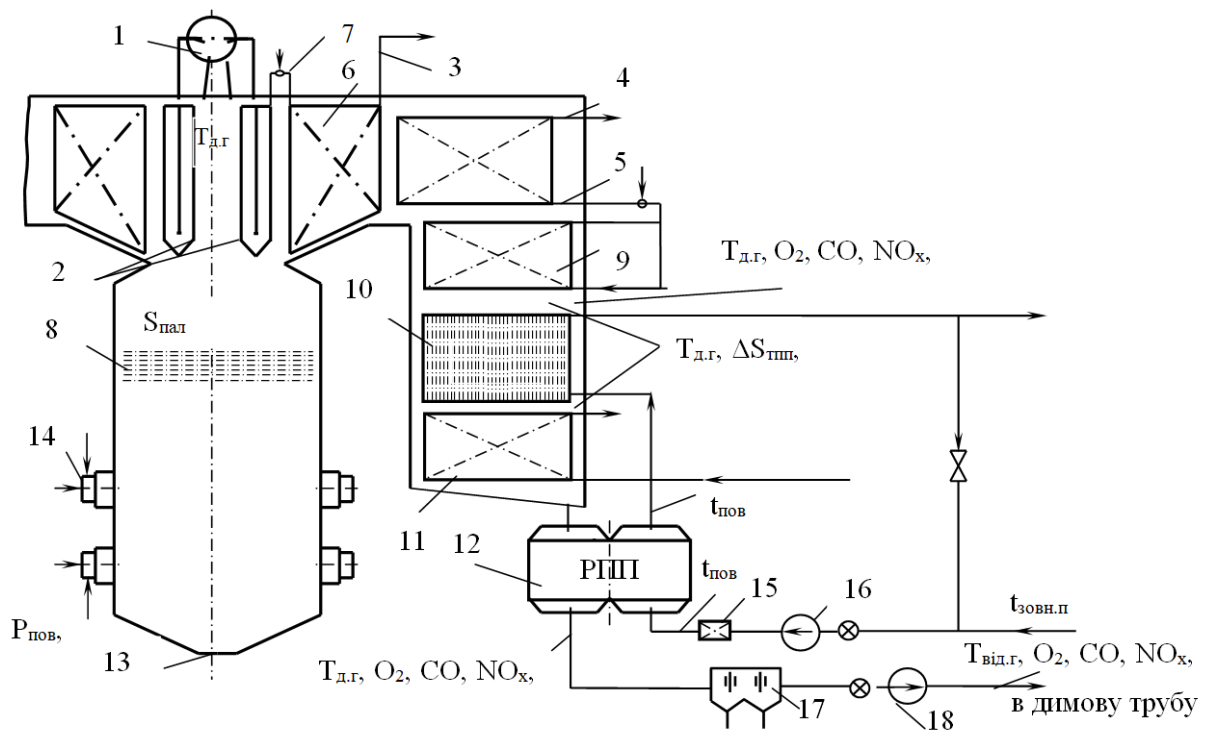


Рис. 1. Схема вимірювань під час дослідження газоповітряного тракту однобарабанного котла ТП-100: 1 – барабан; 2 – ширмовий пароперегрівник; 3 – вихідна конвективна частина пароперегрівника; 4 – вихідна ступінь проміжного пароперегрівника; 5 – вхідна ступінь проміжного пароперегрівника; 6 – середня конвективна частина пароперегрівника; 7 – холодна конвективна частина пароперегрівника; 8 – радіаційний настінний пароперегрівач; 9 – регулююча ступінь проміжного пароперегрівача; 10 – рекуперативний повітропідігрівник; 11 – водяний економайзер; 12 – регенеративний повітропідігрівник; 13 – вихід жужелю; 14 – пальник; 15 – калорифер; 16 – дуттьовий вентилятор; 17 – електрофільтри; 18 – димотяг

Усереднені значення вмісту в продуктах спалювання CO_2 , перетікання повітря в відхідні димові гази, кисню на вході та виході кожного з РПП-54М2, надлишку повітря, присмоктів повітря, отримані під час випробувань представлені в табл. 1 і 2.

Виміряні значення розрідження та тисків до та після РПП за газовою та повітряною частинами кожного повітропідігрівника представлені в табл. 3.

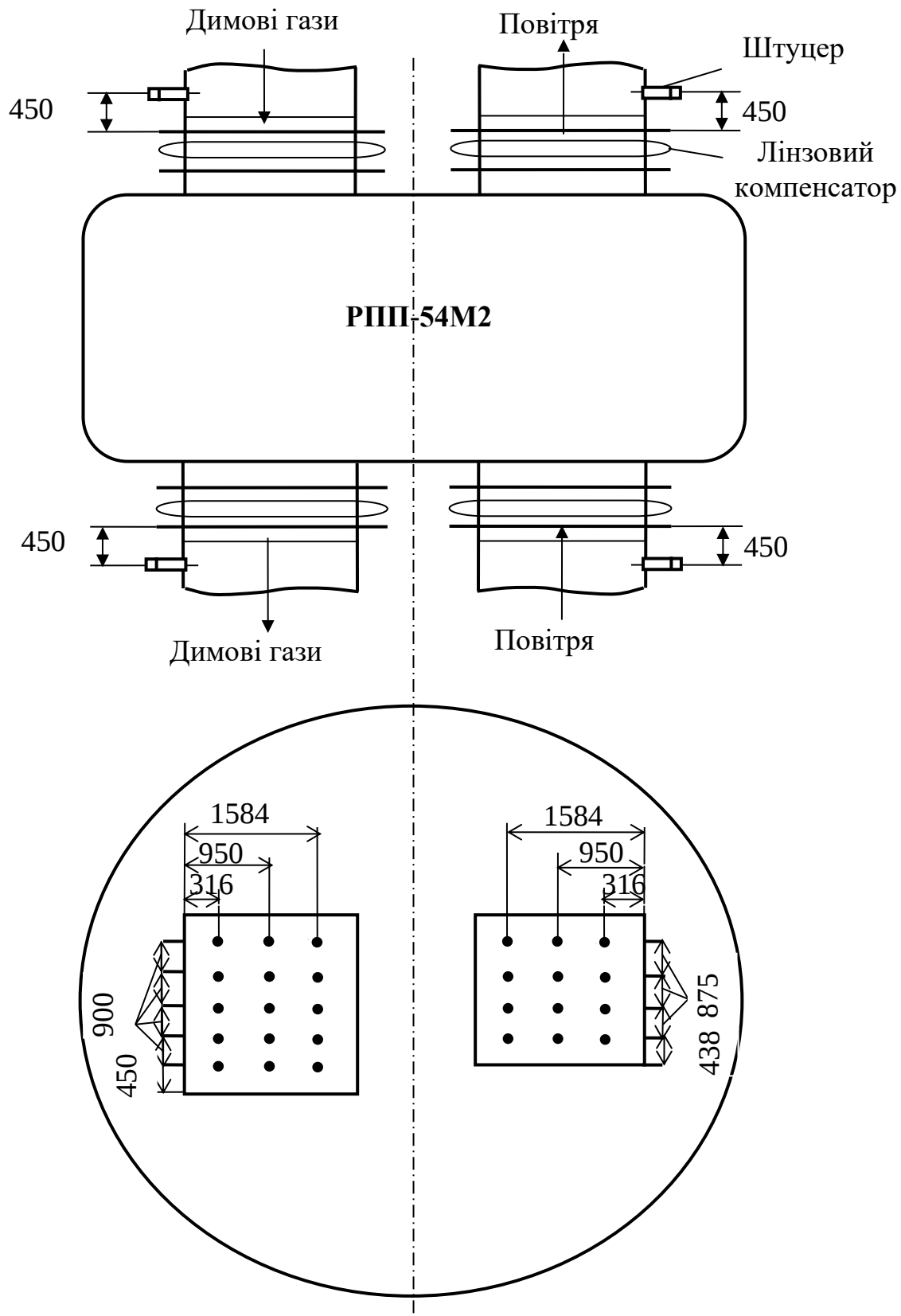


Рис. 2. Схема із зазначеними місцями врізок штуцерів і точками замірів

Усереднені значення результатів замірів температури на вході в РПП та на виході з РПП з газової та повітряної частин кожного повітропідігрівника наведені в табл. 4.

Таблиця 1.

Значення вмісту CO_2 в продуктах спалювання на вході та виході з кожного РПП-54М2

Найменування	Вміст CO_2		% перетікання (за форм. (1))
	на вході в РПП, %	на виході з РПП, %	
РПП-54М2-7А	13,45	12,47	7,86
РПП-54М2-7Б	13,13	12,50	5,04
РПП-54М2-7В	11,89	10,97	8,39
РПП-54М2-7Г	12,21	11,17	9,31

Таблиця 2.

Значення вмісту CO_2 в продуктах спалювання та надлишку повітря на вході та виході з кожного РПП-54М2

Найменування	Вміст CO_2		Надлишок повітря		% перетікання (за форм. (2))
	на вході у РПП, %	на виході з РПП, %	на вході у РПП,	на виході з РПП,	
РПП-54М2-7А	5,9	6,98	1,383	1,488	10,5
РПП-54М2-7Б	6,26	6,97	1,416	1,487	7,07
РПП-54М2-7В	7,64	8,67	1,560	1,689	12,87
РПП-54М2-7Г	7,3	8,45	1,522	1,660	13,77

Таблиця 3

Значення розрідження та тисків до та після РПП за газовою та повітряною частинами кожного повітропідігрівника

Найменування та місце заміру		На вході в РПП, кгс/м ²	На виході з РПП, кгс/м ²	Перепад, кгс/м ²
РПП-54М2-7А	Газова сторона	150	235	85
	Повітряна сторона	155	115	40
РПП-54М2-7Б	Газова сторона	150	225	75
	Повітряна сторона	155	115	40
РПП-54М2-7В	Газова сторона	152	240	88
	Повітряна сторона	180	140	40

Продовження табл. 3				
РПП-54М2-7Г	Газова сторона	155	240	85
	Повітряна сторона	185	140	45

Таблиця 4.

Значення результатів замірів температури на вході та на виході з РПП з газової та повітряної частин кожного повітропідігрівника

Найменування та місце заміру		на вході в РПП, °C	на виході з РПП, °C	Різниця, температур °C
РПП-54М2-7А	Газова сторона	300	160	140
	Повітряна сторона	52	266	214
РПП-54М2-7Б	Газова сторона	297	152	145
	Повітряна сторона	49	252	203
РПП-54М2-7В	Газова сторона	303	148	155
	Повітряна сторона	58	267	209
РПП-54М2-7Г	Газова сторона	296	159	136
	Повітряна сторона	58	263	205

Після проведення перевірки гарантійних показників були уточнені заміри перепадів тиску і розрідження з повітряної та газової сторін РПП за номінального навантаження блоку за витрати живильної води 638 т/год (електричного навантаження 200 МВт). Дані наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Заміри перепадів тиску і розрідження з повітряної та газової сторін РПП за номінального навантаження блоку за витрати живильної води 638 т/год

Найменування та місце заміру		На вході у РПП, кгс/м ²	На виході з РПП, кгс/м ²	Перепад, кгс/м ²
РПП-54М2-7А	Газова сторона	170	272	102
	Повітряна сторона	199	155	44
РПП-54М2-7Б	Газова сторона	180	270	90
	Повітряна сторона	200	155	45

Продовження табл. 5				
РПП-54М2-7В	Газова сторона	170	270	100
	Повітряна сторона	205	160	45
РПП-54М2-7Г	Газова сторона	174	270	96
	Повітряна сторона	210	160	50

Після поданих рекомендацій та згідно з попередніми висновками на чотирьох РПП було проведене водяне промивання, після якого опір РПП з газової сторони знизився. Результати замірів тисків повітря і розріджень димових газів до та за РПП після промивання наведені в табл. 6.

Таблиця 6.

Заміри тисків повітря і розріджень димових газів до та за РПП після
проведеного водяного промивання

Найменування та місце заміру		На вході в РПП, кгс/м ²	На виході з РПП, кгс/м ²	Перепад, кгс/м ²
РПП-54М2-7А	Газова сторона	140	225	85
	Повітряна сторона	140	95	45
РПП-54М2-7Б	Газова сторона	145	225	80
	Повітряна сторона	135	95	40
РПП-54М2-7В	Газова сторона	140	225	85
	Повітряна сторона	150	125	25
РПП-54М2-7Г	Газова сторона	145	225	80
	Повітряна сторона	150	125	25

Внаслідок виконаних досліджень РПП-54М2 встановлено:

1. Перенесення робочого середовища в РПП визначені згідно методики ASME PTC 4.3-91, які відповідно становлять 7,86; 5,04; 8,39; і 9,31 % за гарантованих $8 \% \pm 1 \%$.

2. Перенесення, які визначені за надлишком повітря відповідно становлять 10,5; 7,07; 12,87 і 13,77 %.

3. За номінального навантаження блоку і експлуатаційно чистій набивці РПП, після проведення водяного промивання, опір РПП з повітряної сторони становить 40, 40, 40 і 45 кгс/см².

4. Опір РПП з газової сторони становить 85, 75, 88 і 85 кгс/см² за номінального навантаження і експлуатаційно чистій набивці РПП.

5. Температура гарячого повітря після РПП складає 266, 252, 267 та 263 °С за температури повітря на вході в РПП 50 ÷ 55 °С.

6. Перепад температур з газової сторони на РПП 140, 145, 155 і 136 °С.

Для забезпечення нормальних експлуатаційних умов роботи рекомендовано проводити один раз у зміну обдування РПП, згідно інструкції з експлуатації. У випадку, якщо перепад тисків у повітропідігрівнику збільшується на 50 % номінального значення, необхідно провести водяне промивання РПП.