

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СПОСІБ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОДУВОК ПАРОВИХ КОТЛІВ НА ЦУКРОВИХ ЗАВОДАХ

*Розглянуто особливості організації періодичних продувок парових котлів на цукрових заводах. Для зменшення втрат теплоти та конденсату і підвищення надійності роботи котлів запропоновано спосіб продувки з використанням у схемі пристрою підвищеного гідравлічного опору. Наведено методичку та результати числового дослідження і натурного експерименту при впровадженні запропонованого способу на діючому паровому котлі.*

Особливістю роботи теплової схеми цукрових заводів є отримання великої кількості конденсату (300...400 % по масі відпущеної пари) [1].

Біля половини цього конденсату придатна для живлення парових котлів, тому в нормальному режимі роботи підприємства станція хімоводоочистки не повинна працювати. Це призводить до зменшення корозійних процесів та накипоутворення в елементах котлоагрегатів, а також до зменшення експлуатаційних витрат на хімреактиви і таке інше.

Для підтримання воднохімічного режиму роботи котлоагрегатів проводять продувки котла:

- безперервну – для видалення солей в районі дзеркала випаровування в верхньому барабані котла;
- періодичну – для видалення грубодисперсного шламу, що осідає в колекторах.

Досвід роботи парових котлів цукрових підприємств показав недоцільність проведення безперервних продувок в зв'язку з невеликою кількістю, а іноді відсутністю, води з хімоводоочистки в складі живильної води.

В технічній літературі і інструкціях по експлуатації парових котлів [2-5] немає чітких даних по організації періодичних продувок парових котлів цукрових заводів.

В даний час періодична продувка парових котлів проводиться кожної зміни не рідше одного разу з кожної точки продувочних пристроїв на протязі до 3 хвилин з попередньою посиленою подачею живильної води в барабан і підняттям рівня води. Внаслідок такої продувки протягом двох хвилин через одну продувочну точку паровий котел з тиском в барабані 2,5 МПа втрачає приблизно 397,7 кг котлової води з температурою 225 °С.

Такий спосіб призводить до різкого падіння рівня води в барабані котла на 60...80 мм з одночасною подачею великої кількості живильної води з температурою 160...170 °С.

Все вищенаведене призводить до наступних негативних явищ [4,5]:

- порушення температурного режиму води в барабані котла, що погіршує циркуляцію в топочних екранах і призводить до температурних деформацій стінок барабана;
- різке зниження рівня води в барабані котла може призвести до зменшення гідростатичного тиску води, погіршення її доступу в колектори і пошкодженню екранних труб;
- різке підняття рівня води в барабані котла може призвести до порушення роботи сепараційних пристроїв і аварії турбін;

- при збільшенні рівня води в барабані перед продувкою збільшується потужність живильних насосів та порушується робота автоматики живлення;
- одночасна раптова подача великої кількості живильної води з температурою 160...170°C в барабан котла може привести до часткової конденсації пари і попадання пароводяної суміші на турбіну і її аварії;
- підвищення температури перегрітої пари;
- великих втрат конденсату;
- відсутність сепараторів періодичної продувки призводить до великих втрат теплоти.

Таким чином, вищенаведений спосіб періодичної продувки пов'язаний з суттєвим збільшенням витрат енергоресурсів і погіршенням надійності роботи обладнання.

Існує досвід експлуатації парових котлів, що працювали виключно на конденсаті, на Браїлівському, Браїлівському, Турбівському та інших заводах Вінницької області, але такий режим не був до кінця технічно опрацьованим.

Нормативні та дійсно отримані показники якості води на прикладі Браїлівського цукрового заводу показані в табл.1.

Таблиця 1

**Карта водно-хімічного режиму роботи парового котла**

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Згідно паспорта котла ДКВр та за нормативами ВНПО "Цукор" [6]	Фактичні показники при роботі на	
				ХВО	конденсатах
<b>I. Живильна вода</b>					
1	Вміст зважених частинок	мг/кг	5	5	-
2	Загальна жорсткість	мкг-екв/кг	10	10	5
3	Вміст заліза	мкг/кг	100	100	50
4	Вміст кисню O <sub>2</sub>	мкг/кг	30	30	5-10
5	Лужність при 25° С	рН	8,5-9,5	8,5-9,5	8,5-9,5
6	Вміст вільної вуглекислоти	мкг/кг	не допускається		
7	Вміст масла	мкг/кг	3	3	Відсут.
8	Вміст цукру	-	відсутнє забарвлення по á - нафтолу		
9	Вміст мідних сполук	мкг/кг	не нормується		
10	Вміст нітритів	мкг/кг	не нормується		
11	Сухий залишок	мг/кг	-	-	-
12	Температура	°С	104...105	104...105	104...105
<b>II. Котлова вода</b>					
1	Лужність	рН	8,5-9,5	8,5-9,5	7,5-8,5
2	Сухий залишок	мг/кг	2000	2000	400...500
3	Відносна лужність	%	20	20	Відсут.

Як видно з показників, вказаних в табл.1, фактичний показник сухого залишку, який визначає необхідність продувок в 4...5 разів нижче нормативних рекомендованих заводами виготовлювачами парових котлів. Тому при живленні парових котлів тільки конденсатами забезпечується безпродувочний режим роботи і продувка котлів проводиться тільки з метою перевірки справності і надійності роботи продувочних вентилів.

Для зменшення втрат котлової води і її теплоти при періодичних продувках нами пропонується схема періодичної продувки із встановленням між робочим і запасним вентилями продувочного пристрою визначеного діаметру горловини, (наприклад, на котлі паропроодуктивністю 30 т/год тиском пари 25 бар, діаметром 8,5 мм), який показаний на рис. 1.

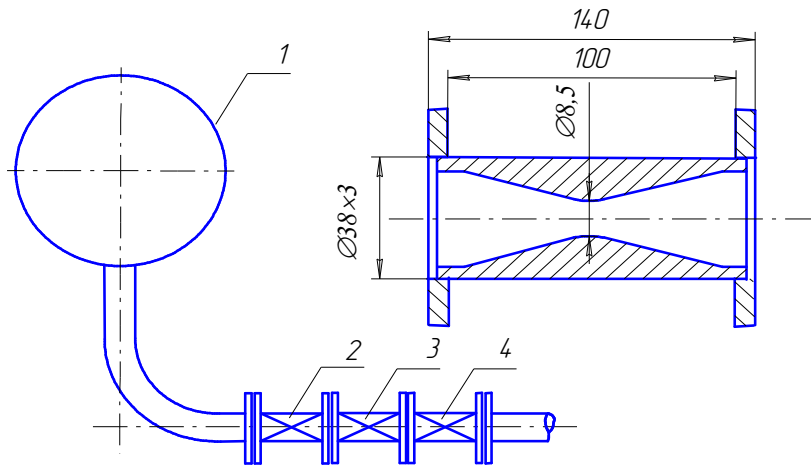


Рис. 1. Схема підключення продувочного пристрою:

1 – колектор котла; 2 – продувочний вентиль; 3 – продувочний пристрій; 4 – запасний вентиль.

функції лінії періодичної продувки – аварійного зливання води з барабана.

Для розрахунку витікання води в лінії періодичної продувки використовується методика наведена в [7].

Критична масова швидкість води  $m_k$  визначається сумісним вирішенням рівнянь

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\zeta + 4,6 \cdot \lg \beta} \cdot \left( -10^4 \int_1^2 \gamma dp - \int_1^2 \gamma^2 dH \right)} \quad (1)$$

$$m_k = q \cdot p_k \quad , \quad (2)$$

де  $p$  – тиск, бар;

$\gamma = 1 / v$  – питома вага, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta = v_2 / v_1$  - відношення питомих об'ємів  $v_2$  в кінці і  $v_1$  – на початку трубопроводу;

$dH$  – зміна геодезичної відмітки вісі трубопроводу, м;

$p_k$  – тиск у кінці трубопроводу при критичній течії, бар;

$\zeta$  - коефіцієнт опору трубопроводу.

В табл. 2 вказані розрахункові показники двох способів періодичної продувки парового котлоагрегата паровидатністю 30 т/год; який працює у конденсатному режимі, якщо тиск в розширнику періодичної продувки 3 бар; діаметр трубопроводів продувки  $\varnothing 32$  мм; діаметр звуженої частини продувочного пристрою 8,5 мм; коефіцієнти гідравлічного опору трубопроводу з продувочним пристроєм та без нього відповідно 141,7 та 37,5; довжина і діаметр верхнього барабану 7,5 і 1 м відповідно.

З показників таблиці 2 видно, що запропонований спосіб проведення періодичних продувок парових котлів зменшує витрати котлової води більше, ніж в 7,1...32,6 разів і дає можливість зменшити втрати конденсатів та енергоносіїв і забезпечить надійну і безаварійну експлуатацію котлів.

Показники систем періодичної продувки парового котла

№	Найменування показників	Розмірність	Тиск в барабані котла, МПа		
			1,4	2,4	4,0
<b>Існуючий спосіб</b>					
1	Масова швидкість витікання котлової води	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	2943,5	4122,7	5682,5
2	Кількість продувочної води з однієї точки за один цикл*	кг	142...426	199...597	274...822
3	Кількість продувочної води з чотирьох точок за один цикл	кг	568...1704	796...2388	1096...3288
4	Зниження рівня води в барабані від продувки однієї точки за один цикл	мм	21,7...65,1	31,6...94,8	45,7...137
<b>Запропонований спосіб</b>					
5	Масова швидкість витікання котлової води	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	1662,4	2299,3	3138,8
6	Кількість продувочної води з однієї точки за один цикл	кг	13,4...20	18,5...27,8	25,2...37,8
7	Загальна кількість продувочної води з чотирьох точок за один цикл	кг	53,6...80	74...111	101...151
8	Зниження рівня води в барабані від продувки однієї точки за один цикл	мм	2...3	2,94...4,41	4,2...6,3
9	Зниження втрат котлової води в порівнянні з існуючим способом	разів	7,1...31,8	7,17...32,3	7,26...32,6

Примітка. Тривалість циклу періодичної продувки однієї точки включає час відкриття продувочного та запасного вентилів, час продувки котла та час закриття вентилів. В розрахунках існуючого способу час продувки прийнято 1...3 хвилини, а для запропонованого способу 10...15 секунд.

Для підтвердження розрахункових результатів в системі періодичної продувки парового котла СП-30 Бродецького цукрового заводу Вінницької області встановлений запропонований продувочний пристрій.

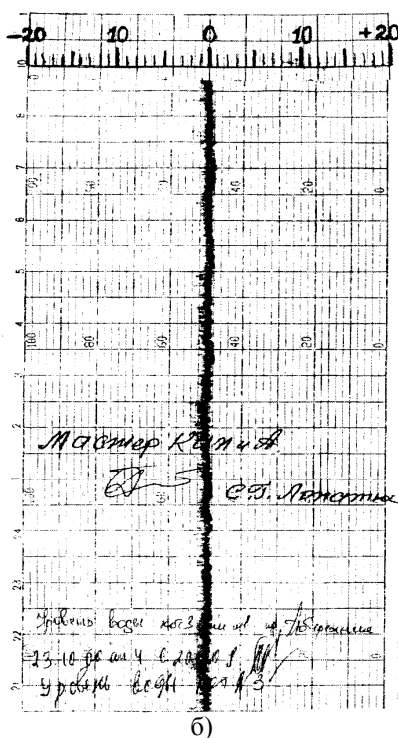
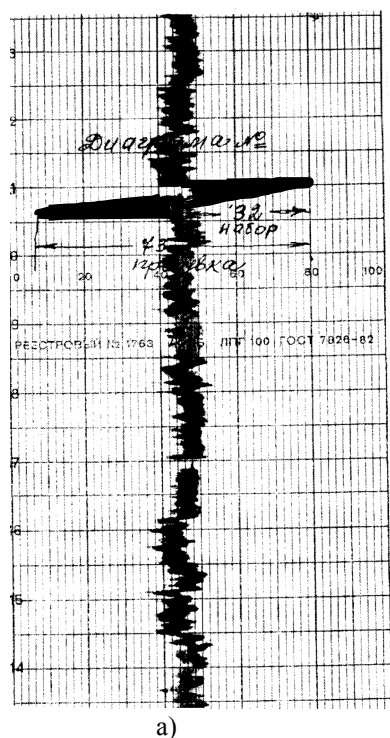


Рис. 2. Діаграми коливання рівня котлової води в барабані котла; а) – до встановлення продувочного пристрою; б) після встановлення продувочного пристрою

На рис. 2 показані діаграми зміни рівня котлової води в барабані до і після встановлення продувочного пристрою в системі періодичної продувки котла.

З точки зору перевірки справності продувочних пристроїв періодичну продувку проводили довжиною по 10 секунд з кожного продувочного пристрою один раз на добу з попереднім і остаточним аналізом котлової води.

Об'єм продувочної води під час дослідів вимірюється за допомогою тарувального бачка і складає 17,7...20,7 л.

Проби води беруться з верхнього барабану котла і з нижніх коле-

кторів через холодильні пристрої, виконані з нержавіючих труб, до і після продувки для визначення сухого залишку і вмісту розчиненого заліза. Результати проб показані в табл. 3.

Таблиця 3

**Результати аналізу якості котлової води**

З верхнього барабану				З нижніх колекторів			
Показник РН	Сухий залишок, мг/кг	Жорсткість, мг-екв/л	Вміст розчиненого заліза, мкг/кг	Показник РН	Сухий залишок, мг/кг	Жорсткість, мг-екв/л	Вміст розчиненого заліза, мкг/кг
до продувки котла							
9,2	400	200	200	9,2	400	180	200
після продувки котла							
9,6	400	200	200	9,4	400	150	200
після повторної продувки котла							
-	-	-	-	8,8	400	150	150

Як видно з табл. 3 показники якості котлової води після продувок змінюються не суттєво, і мають значення набагато менші від нормативних, показаних в табл. 1. В процесі експлуатації, якщо показник рН котлової води і величина сухого залишку не перевищують нормативних значень, то повторну продувку проводити не потрібно. В іншому випадку необхідно провести повторну продувку і проконтролювати показники якості води.

Таким чином, в результаті проведених досліджень виявлено, що існуючий спосіб проведення періодичних продувок призводить до перевитрат енергоносіїв та зниження надійності роботи обладнання. У випадку живлення котлів виключно конденсатом, можливо працювати у безпродувочному режимі, з періодичною перевіркою справності продувочних вентилів. Авторами запропоновано використання продувочного пристрою з підвищеним гідравлічним опором, показаний на рис. 1, що дозволяє зменшити втрати котлової води та коливання рівня в барабані котла.

Для підтвердження отриманих теоретичних результатів в схемі реальної системи періодичної продувки парового котла встановлений вищевказаний продувочний пристрій. В результаті проведених експериментів виявлено, що нормативні показники якості котлової води витримуються під час продувок за запропонованим способом, при цьому втрати котлової води та відповідно теплоти зменшуються у 7,1...32,6 разів.

**Література**

1. В.А. Колесников, Ю.Г. Нечаев. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 322 с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов ДНАОПО.00-1.08-94: Утв. 26.05.1994 № 51 /Гос. Комитет Украины по надзору за охраной труда. –Х.: Форт, 2002. – 184 с.
3. Експлуатація котлів. Настільна книга для операторів котельень. – К.: Основа, 2001. – 288 с.
4. Зеркалов Д.В. Експлуатація котельних установок. Довідник. – К.: Техніка, 1992. – 144 с.
5. Кибрик П.С., Либрман Г.Р. Эксплуатация котельных установок небольшой производительности. –М.: Энергия, 1969. – 360 с.
6. Инструкция по воднохимическому режиму паровых котлов ТЭЦ и промышленных котельных свеклосахарных заводов. –К.:ВНИИСП, 1977. – 185 с.
7. Рудомино Б.В., Ремжин Ю.И. Проектирование трубопроводов тепловых электростанций. –Л.: Энергия, 1970. – 208 с.