

Ефективність реконструкції хвостової частини парогенератора БКЗ-75/39-ГМА в ТЕЦ Оржицького цукрового заводу

М.К. Безродний, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «КПІ»
В.Ф. Мокляк, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій
В.І. Павелко, кандидат технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій

В статті обґрунтована доцільність реконструкції хвостової частини парогенератора БКЗ-75/39ГМА. Приведено конструкцію та принцип роботи модернізованого підігрівника повітря для парогенератора типу БКЗ-75/39ГМА, яким оснащені ТЕЦ та промислові котельні більшості цукрових заводів України. Наведені результати техніко-економічного розрахунку ефективності реконструкції хвостової частини парогенераторів малої і середньої потужності в умовах експлуатації їх в ТЕЦ цукрових заводів.

Ключові слова: теплоутилізатори, термосифони, теплоенергетика, модернізація, ефективність.

В статье обоснована целесообразность реконструкции хвостовой части парогенератора БКЗ-75/39ГМА. Приведены конструкция и принцип работы модернизированного подогревателя воздуха для парогенератора типа БКЗ-75/39ГМА, которыми оборудованы ТЭЦ и промышленные котельные большинства сахарных заводов Украины. Приведены результаты технико-экономического расчета эффективности реконструкции хвостовой части парогенераторов малой и средней мощности в условиях эксплуатации их в ТЭЦ сахарных заводов.

Ключевые слова: теплоутилизаторы, термосифоны, теплоэнергетика, модернизация, эффективность.

In the article the grounded expedience of reconstruction of tail part of parogeneratora of BKZ-75/39HMA. Powered structure and principle of operation of the modernized air heater for steam generator type BKZ-75/39, which are equipped with industrial and boiler majority of factories in Ukraine. The results of the feasibility of calculating the efficiency of the steam tail low and medium power in the operating conditions of the Teploelektrotsentral in the sugar mills.

Keywords: utilizers, termosyfony, Heat, modernization, efficie

Споживання енергоносіїв на цукрових заводах є значним, і в загальному обсязі витрати паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у харчовій та переробній галузях агропромислового комплексу України становить близько 30% [1].

Переважає більшість ТЕЦ і промислових котелень цукрових заводів оснащена парогенераторами малої та середньої потужності типу ДЕ-25/14, БКЗ-75/39 та їх аналогами, які були впроваджені в промисловості щонайменше 25 років тому. Тоді, ще навіть на стадії проектування цього теплоенергетичного обладнання, питання енергозбереження не було пріоритетним із-за низьких, а по суті символічних, цін на первинні енергоносії, і, в першу чергу, на природний газ.

Сьогодні, в умовах стрімкого підвищення цін

на енергоносії, виникає питання вибору адекватної стратегії радикального підвищення енергетичної ефективності галузі і, як наслідок, значного зменшення споживання природного газу. По суті справи мова йде про вибір між:

1) заміною технічно придатного, але неекономічного теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання на сучасне.

Таке рішення, безумовно, вимагає значних фінансових витрат і часу, що в більшості випадків не є прийнятним і можливим.

2) модернізацією існуючого теплоенергетичного і теплотехнологічного обладнання шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, зокрема установки сучасних вискоефективних утилізаторів викидних потоків теплоти та тепло тех-

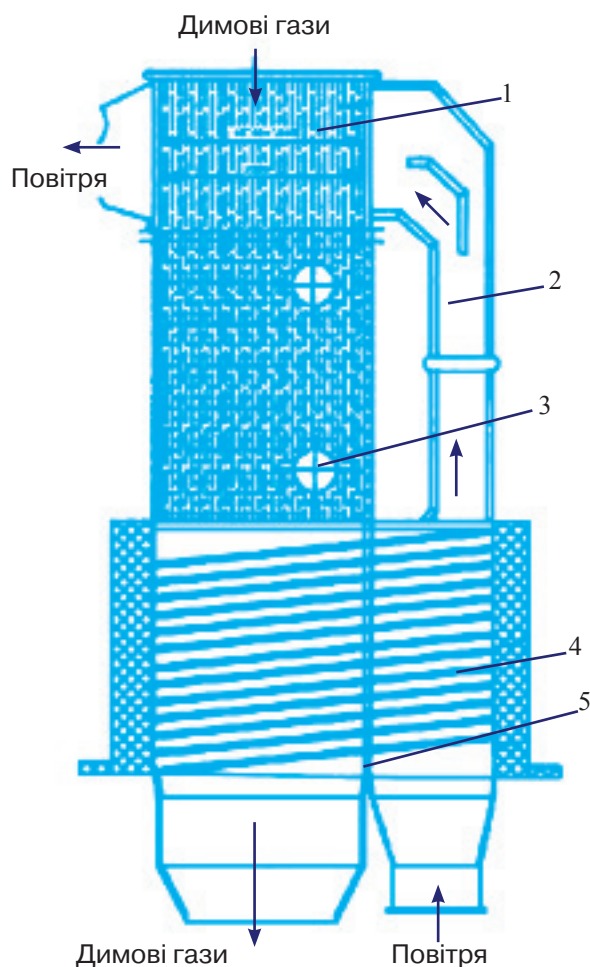


Рис. 1. Схема установки термосифонного теплообмінника у хвостовій частині парогенератора БКЗ-75/39ГМА:
 1-2-а (по ходу повітря) ступінь повітропідігрівника;
 2-проміжний короб між 1-ю і 2-ю ступенями повітропідігрівника;
 3 - 1-а (по ходу води) ступінь водяного економайзера;
 4 – 1-а (по ходу повітря) ступінь повітропідігрівника (термосифонний теплообмінник);
 5 - газозушільнувальна перегородка

нологічних установок, що суттєво підвищує енергетичну ефективність використання теплоенергетичного і теплотехнологічного обладнання і, відповідно, зменшує споживання природного газу. Окрім того, в порівнянні з першим варіантом грошові витрати на модернізацію теплоенергетичного і теплотехнологічного обладнання будуть значно меншими.

Враховуючи постійне зростання цін на закупівлю енергоносіїв, вважаємо, що актуальним завданням сьогодення і на найближчу перспективу для цукрової промисловості є зменшення витрати ПЕР, якої можна досягти, впроваджуючи комплекс заходів щодо раціонального споживання і їх використання, модернізації теплоенергетичного і теплоспоживаючого обладнання шляхом підвищення його енергоефективності.

До одного з низки основних заходів щодо зменшення витрати енергоносіїв на вироблення і відпуск теплоти в ТЕЦ і промислових котельнях цукрових заводів слід, на наш погляд, віднести модернізацію існуючих теплогенераторів (парових

і водогрійних котлів), які працюють на газоподібному паливі, шляхом установки сучасних теплоутилізаторів викидних димових газів. Високоєфективні конструкції теплоутилізаторів такого типу розроблені в НТТУ «КПІ» [2]. Теплоутилізатори забезпечують підвищення на 10-15% енергоефективності котельного обладнання та зменшення шкідливих викидів і теплового забруднення навколишнього середовища. Для парогенераторів, які працюють на природному газі, теплоутилізатори забезпечують зниження витрати газу на 5-8 м³ на 1 тону виробленої пари та 6-12 м³ на 1ГДЖ виробленої теплової енергії для водогрійних котлоагрегатів [2].

Нижче наводимо приклад розробленого нами варіанту реконструкції підігрівника повітря для парогенератора типу БКЗ-75/39 ГМА, встановленого на ТЕЦ Оржицького цукрового заводу, для якого виконано також техніко-економічний розрахунок ефективності впровадження повітропідігрівника.

Реконструкція існуючого повітропідігрівника

Таблиця 1

Вихідні дані до розрахунку термосифонного теплообмінника

№	Показники техніко-економічного розрахунку	Розмірність	Результати розрахунку
1	Випарник		неоребрені труби
2	Конденсатор		оребрені труби
3	Пучок труб		шахове розміщення
4	Теплообмінник		протитечийний
5	Витрата димових газів	$V_{\text{дг}}$	23,2 нм³/с
6	Температура димових газів на вході	$t_{\text{г}}'$	238 °С
7	Температура димових газів на виході	$t_{\text{г}}''$	120 °С
8	Витрата повітря	$V_{\text{пов}}$	19,4 нм³/с
9	Температура повітря на вході	$T_{\text{пов}}'$	10°С
10	Температура повітря на виході	$T_{\text{пов}}''$	168°С
11	Діаметр труби термосифону	d_3	0,025 м
12	Товщина стінки труби термосифону	$\delta_{\text{см}}$	0,002 м
13	Товщина ребра термосифона	$\delta_{\text{р}}$	0,001 м
14	Висота ребра термосифона	$H_{\text{р}}$	0,009 м
15	Крок обернення	K_0	0,005 м
16	Крок труб у поперечному напрямку	S_1	0,05 м
17	Крок труб у повздовжньому напрямку	S_2	0,04 м
18	Ширина теплообмінника	A	6 м
19	Висота зони нагрівання	$H_{\text{н}}$	2 м
20	Висота зони охолодження	H_0	1 м

Таблиця 2

Результати розрахунку термосифонного теплообмінника

№	Показники техніко-економічного розрахунку	Розмірність	Результати розрахунку
1	Теплова потужність	кВт	4050
2	Середня швидкість газового потоку	$W_{\text{г}}^{\text{сер}}$	6,4 м/с
3	Середня швидкість потоку повітря	$W_{\text{пов}}^{\text{сер}}$	11,3 м/с
4	Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони повітря	$K_{\text{пов}}$	653,5 кВт/ м²
5	Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів	$K_{\text{газ}}$	96,4 кВт/ м²
6	Коефіцієнт тепловіддачі приведений	$K_{\text{пр}}$	73,8 кВт/ м²
7	Гладка поверхня зони нагрівання	$F_{\text{н}}$	635,2 м²
8	Гладка поверхня зони охолодження	F_0	317,6 м²
9	Висота теплообмінника	H	3 м
10	Ширина теплообмінника	A	6 м
11	Глибина теплообмінника	Γ	1,5 м
12	Загальна кількість термосифонів	N	4050шт
13	Кількість термосифонів в одному ряду		119
14	Число рядів		34
15	Коефіцієнт оребрення термосифонів	$K_{\text{ор}}$	9,4
16	Загальна маса гладких труб	$M_{\text{тр}}$	13675 кг
17	Загальна маса оребrenних труб	$M_{\text{ор.тр}}$	23785 кг
18	Загальна довжина труб	$L_{\text{заг}}$	12138 м
19	Аеродинамічний опір газового тракту	$\Delta P_{\text{г}}$	206,9 Па
20	Аеродинамічний опір повітряного тракту	$\Delta P_{\text{пов}}$	2028,2 Па
21	Тиск у термосифонах 1-го ряду	P_1	0 кг/ см²
22	Тиск у термосифонах N-го ряду	$P_{\text{н}}$	0 кг/ см²
23	Осьова густина теплового потоку в термосифонах 1-го ряду	Q_1	1Вт/ м²

Результати техніко-економічного розрахунку

№	Показники техніко-економічного розрахунку	Розмірність	Результати розрахунку
1	Загальна сума інвестиційних витрат для реалізації проекту	тис. грн	380,0
2	Сума зміни річних експлуатаційних витрат	тис. грн	140,0
3	Додатковий прибуток	тис. грн	275,2
4	Чисті грошові потоки	тис. грн	173,5
5	Чистий приведений дохід	тис. грн	88,0
6	Індекс доходності	--	1,23
7	Індекс рентабельності	--	0,29
8	Період окупності	рік	4,0

парогенератора БКЗ-75/39 ГМА полягає в заміні першого (по ходу повітря) ступеня його на термосифонний теплообмінник (рис.1).

Конструкція термосифонного теплообмінника дозволяє утилізувати теплоту відхідних димових газів і забезпечує попереднє нагрівання холодного повітря.

Термосифонний підігрівник являє собою пучок труб діаметром 25 мм і довжиною 2,5–3 м, розміщених під кутом 6...8° до горизонту. Нижні кінці неоребренних труб (випарник) розміщені в газоході, верхні оребрені (конденсатор) в повітропроводі. Газохід і повітропровід розділені трубою дошкою (газоушільнювальною перегородкою). Кожен термосифон по довжині ділянки, що обігривається димовими газами, заповнюється проміжним теплоносієм (водно-спиртовою сумішшю).

Завдяки тому, що термосифонні трубки розміщені поперек потоку димових газів, кожний ряд труб працює при практично постійній (сталій) температурі стінки в газовій частині, яка визначається температурою насичення проміжного теплоносія (води).

Таким чином, корозійнонебезпечну область, яка залежить від температури точки роси ($t_{\text{тр}} = 110\text{--}140\text{ }^{\circ}\text{C}$) вдається локалізувати на декількох рядах труб, які можуть бути змінними. Крім того, скачкоподібної зміни діаметра труб термосифонів в газовій частині можна досягти відповідною зміною температури насичення проміжного теплоносія по рядах термосифонів, а відповідно і температури стінки труб, що дозволяє практично повністю уникнути впливу сірчаноокислотної корозії на поверхні теплообміну.

В таблиці 1 наведені вихідні дані, а в таблиці 2 - деякі результати розрахунку запропонованого повітропідігрівника (термосифонного теплообмінника) як 1-го ступеня нагрівання повітря в парогенераторі БКЗ-75/39 ГМА.

Метою проведення техніко-економічного розрахунку було визначення економічної доцільності реконструкції хвостової частини парогенерато-

ра БКЗ-75/39ГМА шляхом порівняння вигод, що очікуються (реальні грошові потоки) з витратами, які представляють загальну суму інвестиційних витрат, необхідних для реалізації проекту.

Основою визначення вигоди від реконструкції є економія палива (природного газу), яка, як показують наші розрахунки, становить 48 тис. м³ на рік. У вартісному вираженні це буде складати: $48.3 \cdot 5700 = 275310$ грн. на рік, де 5700 – вартість 1000 м³ газу, прийнята в розрахунках.

Результати розрахунків загальної суми інвестиційних витрат, а також розрахунку оціночних показників, індексів доходності та рентабельності проекту зведені в таблицю 3.

Висновки

1. Доведена ефективність реконструкції хвостової частини парогенератора БКЗ-75/39ГМА шляхом заміни 1-ї ступені повітряпідігрівника на термосифонний теплообмінник.

2. Впровадження в ТЕЦ цукрового заводу модернізованих повітряпідігрівників на базі термосифонних теплообмінників дозволяє суттєво підвищити енергоефективність теплогенеруючого обладнання і зменшити витрату ПЕР на вироблення і відпуск теплової енергії споживачам.

Список використаних джерел

1. Василенко С.М. та інші. Енергозбереження на цукрових заводах України / С.М. Василенко, Т.П. Василенко, В.І. Христинко, К.О. Штангеев // Цукор України. - 2014р. - №2. - с. 14-17.

2. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика. – К. : Факт, 2005. - 703с.

Рецензент: С. М. Василенко,
д.т.н., проф.