

BADANIA I WSKAŹNIKI CIEPLNE STACJI
WYPARNYCH PRZEMYSŁU CUKROWNICZEGO

Stanisław Niespodziński

Politechnika Gdańska

Głównym odbiornikiem energii cieplnej w procesie technologicznym cukrowni jest stacja wyparna. Jej praca, sposób i zakres wykorzystania powstałych w niej oparów mają decydujący wpływ na wskaźniki techniczno-ekonomiczne stosowane do oceny właściwego wykorzystania energii cieplnej kierowanej do produkcji. W Polsce w cukrowniach stosowane są stacje wyparne wyposażone w aparaty wyparne z komorą rurkową, znane jako aparaty Roberta. Następujące wielkości są stosowane do oceny pracy stacji wyparnej: współczynnik przenikania ciepła, użyteczna różnica temperatury, sprawność termodynamiczna.

Współczynnik przenikania ciepła określa ilość ciepła, która w jednostce czasu przenika przez jednostkę powierzchni przy jednostkowej różnicy temperatur. Wyraża się on następującą zależnością

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{l=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

gdzie:

- α_1 - współczynnik przejmowania ciepła od pary do ścianki rury,
- δ_1 - grubość ścianki rury i osadu,
- λ_1 - współczynnik przewodzenia ciepła ścianki rury i warstwy osadu,
- α_2 - współczynnik przejmowania ciepła od ścianki rury do roztworu.

Wartość współczynnika przenikania ciepła nie ma bezpośredniego wpływu na zużycie energii cieplnej w cukrowni, jednak niejednokrotnie ogranicza przepustowość stacji wyparnej. Im większa jest jego wartość, tym większa zdolność odparowania

wody z soku przy określonej powierzchni grzejnej. Wartości współczynnika przenikania ciepła stacji wyparnej zależą przede wszystkim od użytecznej różnicy temperatury, stanu powierzchni grzejnej i właściwości czynnika zagęszczanego. Podane wartości współczynnika przenikania ciepła w tabeli 1 są najwyższe dla działu I, a najniższe dla działu IV.

T a b e l a 1

Cukrownia	Rok badań	Stacja wyparna dział	Współczynnik przenikania ciepła K W/m^2K	Użyteczna różnica temperatur Δt_{uz} oC	Sprawność cieplna wyparki η	Współczynnik wielokrotności odparowania n
1	2	3	4	5	6	7
K-1	1971	I	3143	9	0,982	2,26
		II a+b	1432	7,5	0,946	
		III	326	6,0	0,887	
		IV	361	6,9	0,93	
S-P	1972	I	2680	7	0,926	2,03
		II a+b	1180	9,5	0,972	
		III	584	6,7	0,558	
		IV	226	11,4	0,930	
K-2	1974	I	3540	5,86	0,962	2,00
		II	1140	10,78	0,963	
		III	564	7,5	0,905	
		IV	261	7,9	-	
C-1	1976	I a+b	2171	14,1	0,960	2,04
		II a+b	1123	11,0	0,925	
		III a+b	694	7,7	0,966	
		IV	135	9,8	0,948	
N-2	1979	I	3162	8,1	0,964	1,89
		II	1839	5,7	0,927	
		III	529	7,3	0,907	
		IV	216	6,7	0,73	
C-2	1980	I	3632	5,49	0,960	1,95
		II	961	9,34	0,970	
		III	763	5,80	0,970	
		IV	1129	6,30	0,980	

Sprawność (termodynamiczna) określa stosunek ilości ciepła Q_c przyjętego przez czynnik ogrzewany lub odparowywany do ilości ciepła Q_o doprowadzanego z czynnikiem grzejnym w okresie trwania procesu, bez uwzględnienia zjawisk wewnętrznych związanych z pobieraniem lub wytwarzaniem ciepła (samoodparowanie, zmiana parametrów itp.). Sprawność termodynamiczną wyraża zależność

$$\eta = \frac{Q_c}{Q_o}$$

Znajomość wskaźnika η umożliwia przeprowadzenie oceny pracy układu cieplnego. Pozwala określić wielkość strat ciepła przepływającego od wyparki do otoczenia na drodze konwekcji lub promieniowania przy założeniu szczelności układu. Analiza podanych wartości w tabeli 1 wskazuje, że sprawność wyparek poszczególnych działów zmienia się w zasadzie w granicach od 0,92 do 0,97, przy czym aparaty pierwszych działów mają wyższą sprawność niż działów ostatnich. Taki układ wartości jest uzasadniony, gdyż ilość ciepła doprowadzanego do I i II działu jest znacznie większa w stosunku do ilości ciepła doprowadzanego do pozostałych.

Różnica temperatur jest ściśle związana z natężeniem doparowania. W aparatach wyparnych rozróżnia się całkowitą i użyteczną różnicę temperatur. Całkowita różnica temperatur nazywa się różnicą pomiędzy temperaturami pary grzejnej na wejściu i wyjściu z aparatu wyparnego

$$\Delta t_{\text{cał}} = t_p - t_{\text{op}}$$

Użyteczna różnica temperatur warunkująca wymianę ciepła jest mniejsza od całkowitej różnicy temperatur o wartości strat temperaturowych

$$\Delta t_{\text{uz}} = \Delta t_{\text{cał}} - \sum_{l=1}^{l=n} \Delta t_{\text{str}}$$

Straty temperaturowe stanowi suma następujących składników:

- Δt_1 - strata na skutek obecności gazów,
- Δt_2 - strata na skutek oparów przepływu pary,
- Δt_3 - strata na skutek podwyższenia temperatury wrzenia roztworu,
- Δt_4 - strata na skutek hydrostatycznego ciśnienia.

W wyniku przeprowadzonych badań [1] stwierdzono, że maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła uzyskuje się przy Δt_{uz} wynoszącej około 10 K. Zwiększenie wartości różnicy temperatury powoduje zmniejszenie współczynnika przenikania ciepła, a natężenie odparowania nieznacznie rośnie. Użyteczną różnicę temperatury stacji wyparnej można powiększyć przez podniesienie parametrów pary grzejnej na wejściu do I działu i ich obniżeniu w ostatnim dziale. Możliwość zmian parametrów termicznych pary jest jednak ograniczona różnymi względami, np. wytrzymałościowymi. Poza opisanymi wskaźnikami wydaje się uzasadnione stosowanie wskaźnika wielokrotności odparowania. Określa on ilość odparowanej wody z soku w wyniku działania pary grzejnej doprowadzonej do stacji wyparnej. Oznaczając ten wskaźnik symbolem n wyrazić go można następującą zależnością

$$n = \frac{m_1}{m_2},$$

gdzie

m_1 - masa wody odparowanej ze stacji wyparnej,

m_2 - masa pary doprowadzonej do I działu.

W przybliżeniu 1 kg pary doprowadzonej do komory grzejnej I działu odparowuje z soku w tym działle 1 kg wody. Z kolei 1 kg tak powstałych oparów I wprowadzonych do komory grzejnej II działu odparowuje 1 kg wody z soku w II działle. Ten proces jest kontynuowany kolejno we wszystkich działach. Ostatecznie 1 kg pary doprowadzony do wyparki I działu może odparować bez odbioru oparów do innych celów w przybliżeniu 4 kg wody w wyparce czterodziałowej, 5 kg wody w wyparce pięciodziałowej. Dokładność podanego przybliżenia zależy od wartości parametrów pary i soku w stacji wyparnej. W rzeczywistości opary wytworzone w poszczególnych działach są użytkowane jako czynnik grzejny w obrębie stacji oraz do innych celów niezbędnych dla realizacji procesu technologicznego związanego z obróbką cieplną soku. Z tego względu nie należy oczekiwać wartości wskaźnika rzędu 4 dla stacji 4-działowej lub 5 dla stacji 5-działowej.

Z teoretycznych obliczeń [1] wynika, że dla odparowania 86,6 t/h wody z soku rzadkiego wyprowadzonego do stacji wyparnej w ilości 110 t/h, o zawartości suchej substancji 15% i zagęszczonego do 70% S_5 , trzeba wprowadzić do I działu stacji 34,2 t/h pary o ciśnieniu 0,4 MPa i temperaturze 142,9°C. Obliczony wskaźnik n dla wyżej podanych wartości wyniesie

$$n = \frac{m_{op}}{m_p} = \frac{86,6}{34,2} = 2,53.$$

W tabeli 1 podano dla stacji wyparnej wartości wskaźników wielokrotności odparowania z badań przeprowadzonych w warunkach eksploatacyjnych cukrowni. Najwyższa wartość wskaźnika wynosiła 2,26, a najniższa 1,88. Zapotrzebowanie pary w celu realizacji procesu technologicznego dla wyżej podanych wartości wyniesie

$$\text{dla } n_1 = 2,26 \quad m_{p1} = \frac{m_{op}}{n_1} = \frac{86,6}{2,26} = 38,3 \text{ t,}$$

$$\text{dla } n_2 = 1,88 \quad m_{p2} = \frac{m_{op}}{n_2} = \frac{86,6}{1,88} = 46,0 \text{ t.}$$

Dla wartości skrajnych różnica w zużyciu pary wyniesie 11,8 t/h. Wyprodukowanie tej ilości pary wymaga około 2 ton węgla. Dla kampanii cukrowniczej trwającej 100 dni zwiększone zużycie paliwa wyniesie: $100 \times 2 \times 24 = 4800$ ton, przy przerobie około 100 t/h. Analiza wskaźników charakteryzujących pracę stacji wyparnej wskazuje, że wielokrotność odparowania jest tym wskaźnikiem, który w sposób jednoznaczny umożliwia dokonanie oceny właściwego wykorzystania energii cieplnej kierowanej do realizacji procesu technologicznego.

Podane wartości w tabeli 1 wskazują, że w wielu cukrowniach proces technologiczny nie jest prowadzony właściwie pod względem oszczędności energii cieplnej. Wskazane wydaje się prowadzenie okresowych badań w cukrowniach, w celu ustalenia przyczyn zaniżenia wskaźnika wielokrotności odparowania i opracowania wskazań do prowadzenia energooszczędnej gospodarki cieplnej.

PIŚMIENNICTWO

1. Zagrodzki S.: Gospodarka cieplna w cukrowni Warszawa, WNT 1979.
2. Me Ginnis R. A.: Cukrownictwo Warszawa, WNT 1976
3. St. Niespodziński, A. Gatys, D. Szwedowicz: Gazeta Cukrownicza 1982, 10, 161-163.

С. Несподзінський

ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕПЛОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПАРНЫХ СТАНЦИЙ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

Представлены тепловые показатели характеризующие работу станций в сахарной промышленности. Значения тепловых показателей для нескольких сахарных заводов представлены в таблицы. Проведены анализ их значений и указано возможность экономии топлива.

S . Niespodziński

EXAMINATION AND THERMIC INDEXES OF VAPORIZER STATIONS IN SUGAR INDUSTRY

S u m m a r y

The thermal indexes characterising performance of the evaporator station in sugar industry have been presented. The values of thermal indexes for a few sugar factories have been given in a table. The analysis of these indexes have been done and a possibility of fuel economy has been indicated.