

NAKLĄDY ENERGII BEZPOŚREDNIEJ W PROCESIE PRODUKCJI CUKRU

Norbert Marks

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie nakładów energii bezpośredniej (elektrycznej i ciepłej) niezbędnej do zrealizowania procesu produkcji cukru. Badania objęły kampanię 2006/2007 w jednej cukrowni. Określono nakłady energii elektrycznej, ciepłej i ogółem w przeliczeniu na wskaźniki zużycia jednostkowego na tonę przerobionego surowca (buraków) i tonę wyprodukowanego produktu (cukru). Jednostkowe nakłady energii ogółem wyniosły $1,03 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$ wyprodukowanego cukru. Współczynnik przełożenia (efektywność energetyczna procesu) określający stosunek ilości energii uzyskanej w produkcie do ilości energii włożonej w jego wyprodukowanie wynosi 2,6.

Słowa kluczowe: energia, cukier, nakłady, burak cukrowy

Wstęp

Cukrownie spośród innych zakładów przetwórstwa rolnego wyróżniają się specyficzną charakterystyką skojarzonej ciepłno-elektrycznej gospodarki energetycznej. Gospodarka energetyczna jest nierozdzielnie związana z całym procesem produkcyjnym cukrowni. Nieprzerwana, ciągła i rytmiczna praca cukrowni sprzyja osiągnięciu wyższych przerobów dobowych i zmniejszeniu produkcyjnych strat cukru, a także zmniejszeniu zużycia paliwa, energii, wody, materiałów pomocniczych i nakładu pracy ludzkiej, co przekłada się na opłacalność produkcji i niską cenę produktów, co z kolei jest podstawą konkurencyjności i utrzymania swojej pozycji rynkowej. Zużycie energii w polskim przemyśle cukrowniczym jest znacznie większe niż w cukrowniach zachodnioeuropejskich (dobre cukrownie zużywają poniżej $20 \text{ kWh}\cdot\text{t}^{-1}$ buraków), ale ma tendencję malejącą [2005, 2006, 2005, 2005]. Specyfiką skojarzonej gospodarki energetycznej cukrowni jest to, że zmniejszeniu zużycia energii ciepłej towarzyszy spadek wytwarzania energii elektrycznej w zakładzie, co wymusza konieczność zakupu dodatkowej energii z sieci i podnosi koszt produkcji. Obniżenie nakładów energii wymaga ciągłej modernizacji cukrowni zarówno pod kątem nowoczesności, jak i racjonalizacji potrzeb energetycznych. Warunkiem koniecznym każdej modernizacji jest ocena i analiza aktualnego stanu linii technologicznych, stąd konieczność ciągłego prowadzenia badań i monitoringu w tym zakresie.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie nakładów energii bezpośredniej (elektrycznej i cieplnej) niezbędnej do zrealizowania procesu produkcji cukru. Badania objęły kampanię w roku 2006/2007 w jednej cukrowni produkującej cukier kryształ, cukier kostkę, cukier puder, cukier płynny i syrop inwertowany. Określono nakłady energii elektrycznej, cieplnej i ogółem w przeliczeniu na wskaźniki zużycia jednostkowego na tonę przerobionego surowca (buraków) i tonę wyprodukowanego produktu (cukru).

Metodyka badań

Analizę przeprowadzono w oparciu o dane techniczne maszyn i urządzeń zawarte w dokumentacji techniczno-ruchowej oraz bezpośrednie pomiary dostarczonej energii. Nakłady energii elektrycznej i cieplnej określono na podstawie, wyliczonego czasu pracy maszyn i urządzeń pobierających energię elektryczną i ciepłą w oparciu o raporty dobowe. Raporty sporządzano na podstawie odczytów z urządzeń kontrolno-pomiarowych dla całego procesu produkcyjnego. Wyliczono czas pracy w okresie całej kampanii cukrowniczej, współczynnik jednoczesności pracy maszyn i urządzeń, współczynnik sprawności odbiorników elektrycznych ($\cos \phi$), zużycie energii elektrycznej ogółem w kWh i jednostkowe w $\text{kWh}\cdot\text{t}^{-1}$ oraz $\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$, zużycie energii cieplnej ogółem w GJ i jednostkowe w $\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$ oraz sumaryczne zużycie energii ogółem i jednostkowe.

Wyniki badań

W okresie kampanii podstawowe maszyny i urządzenia linii technologicznej przepracowały ogółem 904 godz., wirówki 750 godz., pakowaczki w zależności od rodzaju opakowania i gatunku cukru 592 godz., 148 godz. i 74 godz. (tab. 1), a obliczony współczynnik jednoczesności pracy maszyn wynosi 0,6 przy współczynniku sprawności ($\cos \phi$) odbiorników elektrycznych, wynoszącym 0,8. W okresie kampanii przerobiono 75 397 ton buraków, z czego uzyskano 12 203 tony cukru.

Proces technologiczny produkcji cukru w ocenianym zakładzie przedstawia się następująco: przygotowanie buraków do przerobu → krojenie buraków → ważenie krajanki → ekstrakcja → przygotowanie mleka wapiennego → oczyszczanie soku → zagęszczanie soku → filtracja soku gęstego → gotowanie i wirowanie cukrzycy → gotowanie i wirowanie cukrzyc rafinerskich → suszenie cukru → sortowanie (segregacja) cukru → konfekcjonowanie cukru stałego i płynnego oraz syropu inwertowanego.

Zużycie energii elektrycznej przez maszyny i urządzenia linii technologicznej przedstawiono w tab. 1, a energii cieplnej w tabeli 2.

Nakłady energii bezpośredniej...

Tabela 1. Zestawienie zużycia energii elektrycznej przez poszczególne maszyny i urządzenia w układzie technologicznym

Table 1. Comparison of electric energy consumption by individual machines and equipment in the processing system

Urządzenie	Moc znamionowa	Czas pracy	Zużycie energii
	kW		
Splukiwacz	11,0	904	4 773,12
Łapacze kamieni	7,5	904	3 254,40
Dozownik buraków	4,0	904	1 735,68
Pompa buraków	125,0	904	54 240,00
Łapacze kamieni	8,0	904	3 471,36
Łapacze liści	9,2	904	3 992,06
Separator wody	165,0	904	71 596,80
Przenośniki ślimakowe	20,5	904	8 895,36
Płuczka buraków	40,0	904	17 356,80
Podnośnik kubelkowy	11,0	904	4 773,12
Krajalnice	165,0	904	71 596,80
Transporter taśmowy	14,0	904	6 074,88
Ekstraktor korytowy	60,0	904	26 035,20
Przenośniki ślimakowe	41,0	904	17 790,72
Prasy Stord	220,0	904	95 462,40
Pompy	75,0	904	32 544,00
Łapacze miazgi	0,37	904	160,55
Defekator	122,5	904	53 155,20
Saturator	206,0	904	89 387,52
Prasy błota	236,2	904	102 491,90
Filtry	118,0	904	51 202,56
Filtry tkaninowe	201,2	904	87 304,70
Aparaty wyparne	254,0	904	110 215,68
Wodniarki, pompy skroplin	132,0	904	57 277,44
Warniki	180,0	904	78 105,60
Mieszadła cukrzycy	88,4	904	38 358,53
Układ próżniowy	1083,5	904	470 152,32
Wirówki	2084,0	750	750 240,00
Przenośniki taśmowe	500	904	216 960,00
Suszarka	13,5	904	5 857,92
Chłodziarka	13,5	904	5 857,92
Piec wapienny	74,0	904	32 110,08
Instalacja CO ²	280,0	904	121 497,60
Instalacja mleka wapiennego	92,0	904	39 920,64
Segregator	15,0	904	6 508,80
Pakowaczka pudru	94,0	148	6 677,76
Pakowaczka 50kg	34,0	74	1 207,68
Pakowanie w big-bag	6,0	592	1 704,96
Cukier luzem do cystern	30,0	74	1 065,60
Razem:			2 751 013,67

Tabela 2. Zestawienie zużycia energii cieplnej przez poszczególne wymienniki ciepła w układzie technologicznym
 Table 2. Comparison of thermal energy consumption by individual heat exchangers in the processing system

Wymiennik ciepła (nazwa działu)	Zapotrzebowanie na parę grzewczą	Entalpia pary grzewczej	Zużycie energii cieplnej
	t	MJ·kg ⁻¹	GJ
Ekstraktor	750,32	2,295	1 721,98
Oczyszczanie soku	1 184,24	2,305	2 729,67
	1 410,24	2,300	3 243,55
	7 204,88	2,295	16 535,20
Razem oczyszczanie soku			22 508,42
Wyparka			2 860,67
Warniki	2 630,64	2,300	6 050,47
	8 569,92	2,295	19 667,97
Razem warniki + wyparka			25 718,44
Suszarki	452,00	2,320	1 048,64
Inne	2 540,24	2,320	5 893,36
	750,32	2,300	1 725,74
	2 712,00	2,295	6 224,04
Razem inne			13 843,14
Wyparka I dział	22 762,72	2,320	52 809,51
Razem:			67 701,29

Ogółem nakłady energetyczne w zakładzie wyniosły 77 604, 9 GJ, z czego 67 701, 3 GJ czyli 87,2% stanowi energia cieplna, a 9,903 GJ czyli 12,8% energia elektryczna (nakłady energii elektrycznej w przeliczeniu na kWh wyniosły 2 751 013,67). Nakłady jednostkowe wyniosły ogółem 1,03 GJ·t⁻¹ buraków i 6,36 GJ·t⁻¹ wyprodukowanego cukru.

Analogiczne wskaźniki jednostkowe w przeliczeniu na kWh wyniosły: zużycie energii ogółem 285,9 kWh·t⁻¹ buraków i 1766,2 kWh·t⁻¹ cukru.

Zużycie energii elektrycznej wyniosło 36,5 kWh·t⁻¹ buraków i 225 kWh·t⁻¹ cukru, a energii cieplnej 249,4 kWh·t⁻¹ buraków i 1541,1 kWh·t⁻¹ cukru.

W porównaniu z cukrowniami zachodnioeuropejskimi uzyskane wskaźniki są wyższe, ale w porównaniu z cukrowniami krajowymi są porównywalne, a nawet niższe. Np. w cukrowniach BSO Polska ogółem nakłady energii w roku 2004 wyniosły 7,67 GJ·t⁻¹ cukru [2005], w cukrowniach P & L Polska zużycie energii na tonę buraków wyniosło 288,7 kWh, a na wyprodukowanie tony cukru 1600,0 kWh [2006], w cukrowniach Südzucker 353,0 kWh·t⁻¹ buraków i 2130,0 kWh·t⁻¹ cukru [2005], w cukrowniach Nordzucker, zużycie energii cieplnej wyniosło w 2004 r. 273 kWh·t⁻¹ buraków, energii elektrycznej 22,8 kWh·t⁻¹ buraków, a zużycie energii całkowitej 1900 kWh·t⁻¹ cukru. Według [1982] zużycie energii elektrycznej na tonę surowca (buraków) wyniosło od 20–29,6 kWh i od 172–270 kWh·t⁻¹ cukru. Cytowana przez tych autorów literatura podaje wskaźniki od 18,5–37 kWh·t⁻¹ buraków, energii elektrycznej. Docelowo zużycie energii powinno kształtować się

na poziomie 170–200 kWh·t⁻¹ buraków. Przedstawione w tab. 1 i 2 wskaźniki wskazują, że zdecydowana większość zużywanej energii to energia cieplna i tu należy szukać przede wszystkim oszczędności i prowadzić racjonalną gospodarkę. W strukturze zużycia energii cieplnej, najczęściej zużywają warki oraz dział oczyszczania soku. Zużycie energii ciepłej przez te dwa działy wynosi ok. 70% ogólnego zużycia. W przypadku energii elektrycznej największe zużycie wykazały w kolejności wirówki, urządzenia transportowe oraz układ próżniowy. Sumaryczne zużycie energii wynosi tu ok. 52% ogólnego zużycia energii elektrycznej. Na przedstawione wskaźniki główny wpływ ma jakość technologiczna buraków mająca wpływ na proces produkcji i wymuszająca konieczność zmian w procesie technologicznym jak i energetycznym, a w dalszej kolejności warunki pogodowe, zbyt mały przerób i niska zdolność inwestycyjna (mała zasobność finansowa zakładu). Koniecznym jest również podniesienie częstotliwości i dokładności monitorowania procesu gospodarki energetycznej.

Podsumowanie

W porównaniu z innymi cukrowniami krajowymi, zużycie energii ogółem i jednostkowe w omawianej cukrowni jest na podobnym poziomie, co nie oznacza, że jest zadowalające. Osiągnięcie dobrych wyników produkcyjnych zarówno jakościowych, jak i ekonomicznych nie jest możliwe bez wprowadzenia nowych rozwiązań, modernizacji i inwestycji, co jest wysoce kosztochłonne. Zatem każda działalność w tym zakresie powinna być poprzedzona dokładnym monitoringiem i analizą zasadności zmian w umaszynowaniu procesu technologicznego. Bilansując ilość energii uzyskanej z jednostki produktu (1 kg cukru) i ilość energii włożonej na jego wyprodukowanie uzyskujemy przełożenie (wskaźnik) wskazujące na efektywność energetyczną procesu. Dla analizowanego zakładu wskaźnik ten wynosi 2,6, przy założeniu wartości energetycznej cukru 3,95 kcal·g⁻¹ to jest 16,5 MJ·kg⁻¹ i nakładzie energii ogółem na wytworzenie kg cukru na poziomie 6,36 MJ·kg⁻¹.

Bibliografia

- Krasowski E., Neryng A., Wojdalski J. 1982. Gospodarka energetyczna wodna i ściekowa w przemyśle rolno-spożywczym. Część I. Wyd. Akademii Rolniczej. Lublin.
- Cukrownia - internetowy serwis cukrowniczy [online]. Warszawa [dostęp 12.04.2006]. Dostępne w internecie: <http://www.cukrownia.gnet2000.com/wiadomosci/2006/7.php>
- Stowarzyszenie Techników Cukrowników [online]. Warszawa [dostęp 2005-02-24] Kampania 2004/2005 w grupie polskich cukrowni Suedzucker. Dostępne w internecie: http://www.stc.pl/www.stc.pl/dload.php?co=suedzucker_kamp_2004.pdf
- Stowarzyszenie Techników Cukrowników [online]. Warszawa [dostęp 2005-02-26] Kampania 2004 / 2005 w cukrowniach Grupy BSO. Dostępne w internecie: www.stc.pl/dload.php?co=bs0_kamp_2004.pdf
- Stowarzyszenie Techników Cukrowników [online]. Warszawa [dostęp 2005-03-29]. Kampania cukrownicza 2004 w Grupie Nordzucker. Dostępne w internecie: www.stc.pl/dload.php?co=nordzucker_kamp_2004.pdf

DIRECT ENERGY EXPENDITURES IN SUGAR PRODUCTION PROCESS

Abstract. The purpose of the work was to determine the expenditure of direct energy (electric and thermal) necessary to carry out sugar production process. The research covered the 2006/2007 campaign in one sugar factory. It allowed to determine expenditures of electric, thermal and total energy expressed in unit consumption indexes per one ton of material (beets) after processing and one ton of obtained product (sugar). Unit expenditure of total energy reached $1.03 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$ of produced sugar. Conversion ratio (process energy efficiency) determining relation between the amount of energy obtained in the product and the amount of energy consumed during its production process is 2.6.

Key words: energy, sugar, expenditures, sugar beet

Adres do korespondencji:

Norbert Marks
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków