

WSKAŹNIKI JEDNOSTKOWEGO ZUŻYCIA WODY, PARY WODNEJ I ENERGII ELEKTRYCZNEJ W WYBRANYCH PROCESACH PRZETWÓRCZYCH WARZYW

Streszczenie

Na podstawie wyników badań określono rzeczywiste wskaźniki jednostkowego zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej w liniach technologicznych do: obierania warzyw, produkcji fasolki szparagowej, przerobu zielonego groszku, produkcji koncentratu pomidorowego, produkcji pieczarki blanszowanej i kukurydzy konserwowej. Wskazano także urządzenia linii, w których występują duże straty wody i energii elektrycznej. Po wyeliminowaniu tych strat, określono ulepszone wskaźniki jednostkowego zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej w badanych liniach technologicznych.

Słowa kluczowe: woda, para wodna, energia elektryczna, linia technologiczna.

Oznaczenia

\dot{W} – ilość wody doprowadzanej do urządzeń linii technologicznej, m^3/h ,
 \dot{M} – ilość pary wodnej doprowadzanej do urządzeń linii technologicznej, kg/h ,
 P_c – całkowita moc elektryczna trójfazowych silników indukcyjnych, kW ,
 \dot{m} – ilość produktu końcowego, t/h ,
 k_w – wskaźnik jednostkowego zużycia wody, m^3/t produktu,
 k_p – wskaźnik jednostkowego zużycia pary wodnej, t/t produktu,
 k_e – wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej, $kW \cdot h/t$ produktu.

Wprowadzenie

Do oszacowania gospodarki wodnej i energetycznej w procesach przetwórczych warzyw w zakładach przemysłu spożywczego używa się pojęcia wskaźnika jednostkowego zużycia: wody, pary wodnej, energii elektrycznej. Wymienione wskaźniki to: stosunek ilości wody lub pary wodnej albo energii elektrycznej zużytej w procesie przetwórczym warzyw do wytworzonej ilości wyrobów [Domagała 1986]. Znajomość tych wskaźników umożliwia technologom dokonania oceny porównawczej, pod względem wodno-energetycznym, procesów przetwórczych warzyw w różnych zakładach przemysłowych [Janus 2004, Wojdalski 2004]. Projektantom natomiast -sporządzenie zapotrzebowania na wodę, parę wodną, energię elektryczną [Kustakova i Bogatyrev 1986] dla potrzeb projektowania linii technologicznych [Domagała 1986]. Wskaźniki jednostkowego zużycia nośników energii lub wody mogą być rzeczywiste (brutto) lub faktyczne (netto) [Janus 2002]. Wskaźnik brutto, to zużycie energii lub wody z uwzględnieniem strat tych nośników w urządzeniach linii technologicznej, natomiast wskaźnik netto – to zużycie energii lub wody z pominięciem tych strat [Domagała 1986, Singh 1986].

Z literatury wiadomo, że dotychczas jest mało danych na temat wskaźników jednostkowego zużycia: wody, paliw i energii w procesach przetwórczych warzyw. Tylko nieliczni autorzy krajowi [Drózdź 2004, Janus 2004, Lis H i Lis T. 1996, Wojdalski 2004] i zagraniczni [Kustakova i Bogatyrev 1989, Singh 1989] zajmowali się zużyciem wody lub energii w procesach technologicznych, ale nie w przemyśle owocowo-warzywnym. Dlatego autor, chcąc uzupełnić istniejącą lukę w literaturze, podjął szerokie badania na ten temat.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było zbadanie rzeczywistego zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej w nowoczesnych liniach technologicznych do przetwarzania niektórych warzyw w zakładzie przemysłowym i przeanalizowanie możliwości zmniejszenia otrzymanych wskaźników zużycia wody i energii.

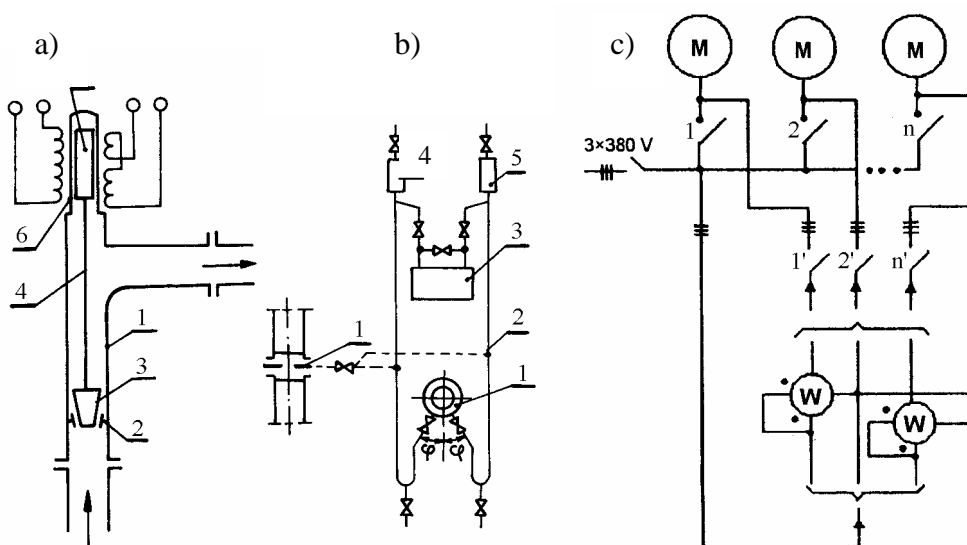
Badania obejmowały: pomiary zużycia wody, pary wodnej i mocy elektrycznej trójfazowych silników indukcyjnych w liniach technologicznych do: parowego obierania warzyw, przerobu fasolki szparagowej, przerobu zielonego groszku, do produkcji koncentratu pomidorowego, przerobu pieczarki blanszowanej, produkcji kukurydzy w puszce.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły: korzenie selerów, fasolka szparagowa, zielony groszek, pomidory, pieczarki, ziarna kukurydzy.

Zużycie wody przez poszczególne urządzenia linii technologicznych mierzono za pomocą rotametu (rys. 1a.), zużycie pary wodnej – przy użyciu zwężki pomiarowej (rys. 1b.), stopień suchości pary wodnej - kalorymetrem Greena, zużycie energii elektrycznej określano na podstawie wskazań watomierzy połączonych w układzie Arona (rys. 1c). Masę produktu końcowego mierzono natomiast za pomocą przenośnej wagi taśmowej.

Wskaźniki jednostkowego zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej w badanych liniach technologicznych obliczano według niżej podanych zależności:



Rys 1. Schematy urządzeń do pomiaru zużycia wody (a), pary wodnej (b), mocy elektrycznej silników (c): a) 1 – obudowa telerotametrów, 2 – zwężka, 3 – pływak, 4 – pręt, 5 – rdzeń ferromagnetyczny, 6 – rura, b) 1 - zwężka pomiarowa (kryza), 2 – przewody impulsowe, 3 – miernik, 4 – odpowietrznik, c) M – trójfazowy silnik indukcyjny, 1, 2, ... , n, 1', 2', ... , n' – styczniki elektromagnetyczne, W – watomierz; watomierz z lewej strony wskazuje moc P_1 , a z prawej – moc P_2

Fig. 1. Schemes of the devices to measuring consumption of water (a), steam (b), power of electric motors (c). (a) 1- telerotameter casing, 2-reducer, 3-float, 4-rod, 5-ferromagnetic core, 6-pipe; (b) 1- orifice plate, 2- impulse conductors, 3- measuring

instrument, 4- deaerator; (c)M – three-phase inductive motor, 1,2, ...,m, 1', 2', n' – electromagnetic contactors, w- wattmeter; left wattmeter shows P₁ power, right – P₂ - power.

Wskaźnik jednostkowego zużycia wody:

$$k_w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}} \quad [\text{m}^3/\text{t}] \quad (1)$$

Wskaźnik jednostkowego zużycia pary wodnej:

$$k_p = \frac{\dot{M}}{\dot{m}} \quad [\text{kg}/\text{t}] \quad (2)$$

Wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej:

$$k_e = \frac{P_c}{\dot{m}} \quad [\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}] \quad (3)$$

Moc elektryczna trójfazowego silnika elektrycznego:

$$P_i = P_1 \pm P_2 \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

przy czym: P₁, P₂ – moce wskazane przez watomierze. Znak minus w zależności (4) stosuje się wtedy, gdy przy takim połączeniu watomierzy jak na rysunku 1c wskazówka watomierza P₂ wychyla się w lewo. Wtedy należy przełączyć kierunek napięcia na zaciskach cewki napięciowej watomierza P₂ tak, aby wskazówka watomierza wychylała się normalnie – w prawo. Wskazanie watomierza P₂ należy wówczas odjąć od wskazania watomierza P₁. Uwaga ta jest istotna, gdyż w czasie prowadzonych badań kierunek napięcia na cewce watomierza P₂ trzeba było zmieniać dość często.

Całkowita moc elektryczna wszystkich silników elektrycznych napędzających urządzenia linii technologicznej:

$$P_c = \sum_{i=1}^n P_i \quad [\text{kW}] \quad (5)$$

Wyniki badań i ich analiza

Na podstawie wyników pomiarów ilości wody \dot{W} , strumienia pary wodnej \dot{M} , całkowitej mocy elektrycznej silników P_c oraz strumienia masy produktu końcowego \dot{m} , obliczono rzeczywiste wskaźniki jednostkowego zużycia wody k_w, pary wodnej k_p i energii elektrycznej k_e, które podano w tabeli 1. Ciśnienie

Tabela 1. Rzeczywiste wskaźniki jednostkowego zużycia wody k_w, pary wodnej k_p i energii elektrycznej k_e przez linie technologiczne

Table 1. Real indicators of water K_w, steam K_p and electric energy K_e specific consumption by technological lines.

Linia technologiczna	Wskaźnik k _w	Wskaźnik k _p	Wskaźnik k _e
obierania warzyw	8 m ³ wody/t warz.	0,55 t pary/t warz.	12 kW·h/t warz.
fasolki szparagowej	33 m ³ wody/t fasoli	1,2 t pary/t fasoli	55 kW·h/t fasoli
zielonego groszku	20 m ³ wody/t grosz.	1,2 t pary/t grosz.	44 kW·h/t grosz.
konc. pomidorowego	35 m ³ wody/ t konc.	2,9 t pary/ t konc.	72 kW·h/t konc.
linia pieczarki	75 m ³ wody/ t piecz.	0,2 t pary/t piecz.	30 kW·h/t piecz.
linia kukurydzy	34 m ³ wody/t kukur.	0,8 t pary/t kukur.	52 kW·h/t kukur.

pary wodnej nasyconej wynosiło 1 MPa, a stopień suchości pary wodnej $x = 0,85$. Ze względu na duży zakres badań i ograniczenia edytorskie w tabelach nie przytacza się wyników pomiarów, lecz same tylko wyniki obliczeń.

W dostępnej literaturze nie znaleziono żadnych wartości wskaźników zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej w procesach przetwórczych warzyw, z którymi można by porównać otrzymane wartości wskaźników jednostkowego zużycia tych nośników.

Podczas badania linii technologicznych stwierdzono, że:

- w linii do parowego obierania warzyw tracona jest bezpowrotnie woda odpływająca z dwóch podajników ślimakowych i oczyszczarki bębnowej w ilości 6 m³/h, co podczas 320 h pracy linii powoduje stratę wody 1920 m³, silniki elektryczne napędzające obieraczkę prętową i oczyszczarkę bębnową są obciążone w 65. procentach,
- w linii do przerobu fasolki szparagowej tracona jest bezpowrotnie woda z zespołu oczyszczającego, obcinającego i myjki puszek w ilości 7 m³/h, co w czasie 420 h pracy linii przynosi zakładowi stratę wody w ilości 2940 m³ wody, ze względu na zbyt wysoką temperaturę wody blanszującej (100°C) w blanszowniku zużywa się o 50 kg pary/h za dużo, silniki elektryczne napędzające zespoły oczyszczający i obcinający są obciążone w 55. i 63. procentach,
- w linii do przerobu zielonego groszku bezpowrotnie tracona jest całkowicie woda dostarczana do zespołu czyszczącego – 3,5 m³/h i do sortownika – 6,5 m³/h, co przy 500 h pracy linii powoduje straty wody odpowiednio: 1750 m³/h i 3250 m³/h, ze względu na zbyt wysoką temperaturę wody blanszującej (100°C) w blanszowniku zużywa się o 50 kg pary/h za dużo, silniki napędzające zespół oczyszczający i sprężarkę powietrza są obciążone tylko w 57. i 72. procentach,
- linia do produkcji koncentratu pomidorowego pracuje w zamkniętym obiegu wody, wraz z chłodzią kominową, przez co uzyskuje się oszczędność wody w ilości 50 m³/h i tym samym jest mniejszy pobór wody z hydroforni,
- w linii do produkcji pieczarki blanszowanej bezpowrotnie tracona jest woda ze schładzacza w ilości 8,5 m³/h, co przy 1300 h pracy linii w ciągu roku prowadzi do straty wody 11 050 m³/rok, silnik napędzający płuczkę wodno-powietrzną jest obciążony tylko w 53. procentach.

Tabela 2. Ulepszone rzeczywiste wskaźniki jednostkowego zużycia wody k_w , pary wodnej k_p i energii elektrycznej k_e przez linie technologiczne

Table 2. Improved real indicators of water K_{w1} , steam K_p and electric energy K_e specific consumption by technological lines.

Linia technologiczna	Wskaźnik k_w	Wskaźnik k_p	Wskaźnik k_e
obierania warzyw	6 m ³ wody/t warz.	0,55 t pary/t warz.*	7 kW·h/t warz.
fasolki szparagowej	15 m ³ wody/t fasoli	1,1 t pary/t fasoli	38 kW·h/t fasoli
zielonego groszku	9 m ³ wody/t grosz.	1,1 t pary/t grosz.	24 kW·h/t grosz.
konc. pomidorowego	35 m ³ wody/ t konc.*	2,9 t pary/ t konc.*	72 kW·h/t konc.*
linia pieczarki	49 m ³ wody/ t piecz.	0,2 t pary/t piecz.*	27 kW·h/t piecz.*
linia kukurydzy	34 m ³ wody/t kukur.*	0,8 t pary/t kukur.*	52 kW·h/t kukur.*

* - taka sama wartość wskaźnika podana jest w tabeli 1, czyli wskaźnika nie ulepszono.

W tabeli 2 podano ulepszone wskaźniki jednostkowego zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej, po wykorzystaniu wyżej wymienionych spostrzeżeń podczas badania linii

technologicznych. Ulepszone wskaźniki (tab. 2) są mniejsze od wskaźników przed usprawnieniem linii (tab.1), przez co poprawiono gospodarkę wodno-energetyczną zakładu.

Wnioski

1. Dotychczasowy stan badań zużycia wody, energii cieplnej i elektrycznej w liniach technologicznych do przerobu warzyw jest niezadowolający z powodu braku danych na temat wartości wskaźników zużycia wymienionych nośników w odniesieniu do jednostki produktu końcowego. Dlatego koniecznie należy kontynuować podjęte w tym zakresie badania.
2. Na podstawie badań urządzeń linii technologicznej pod względem zużycia wody, pary wodnej i energii elektrycznej można łatwo określić miejsca dużych strat tych nośników energetycznych i poprawić dotychczasowe wskaźniki jednostkowego zużycia wody, energii cieplnej i elektrycznej.
3. W zakładach przemysłu owocowo-warzywnego należy odważnie wprowadzać obiegi zamknięte wody i stosować silniki synchroniczne do napędu sprężarek w chłodniach.

Bibliografia

Domagała A. 1986. Bestimmungsmethode für Kennziffern zum spezifischen Brennstof- und Energie- Verbrauch bei der Trockentechnik- pflanzlicher Produkte, Ind. Obst- u. Gemüseverwert., Vol. 72, 21. s. 72-79,

Drózdź B. 2004. Wpływ wybranych czynników na zużycie wody w zakładzie przetwórstwa drobiarskiego, IV Konferencja Naukowa, Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie, Warszawa 18 maja 2004, s.63-64.

Janus P. 2002. Badania technologiczne niektórych konstrukcji nowoczesnych suszarek taśmowych do suszenia warzyw, Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, t.12/21, nr. 2, s. 4-10,

Janus P. 2004. Wstępne badania zużycia paliwa i energii w procesie suszenia korzeni selerów w przemysłowych suszarkach taśmowych, Gospodarka Paliwami i Energią, 5(599), s. 4-7,

Kustakova V. E., Bogatyrev A. N. 1989. Intensification of heat and mass transfer in drying of food products, Drying Technology, Vol. 7, 4, p. 829-833,

Lis H., Lis T. 1996. Energochłonność suszenia owoców i warzyw, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 444, 279-287,

Singh R. P. 1989. Energy in Food Processing, Drying Technology, Vol. 7, 4, p. 839-841,

Wojdalski J. 2004. Wpływ wybranych czynników na zużycie wody w zakładach przemysłu owocowo-warzywnego, IV Konferencja Naukowa, Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie, Warszawa 18 maja 2004, s.65-66.

INDICATORS OF WATER, STEAM AND ELECTRIC ENERGY SPECIFIC CONSUMPTION IN SELECTED PROCESSES OF VEGETABLE PROCESSING

Summary

On the basis of experimental results the real indicators of water, steam and electric energy specific consumption were determined for the following technological lines: peeling of

vegetables, processing of green peas, production of tomato concentrates, production of the blanched mushrooms and canned corn. Particular devices were pointed out in production line were high water losses and energy consumption occurred. After elimination of these losses and energy inputs the new, improved indicators of water, steam and electric energy specific consumption were determined for tested technological lines.

Key words: water, steam, electric energy, technological line, processing of vegetables.

Recenzent - Andrzej Neryng