

## UWARUNKOWANIA GOSPODARKI CIEPLNEJ W ZAKŁADACH PRZETWÓRSTWA OWOCOWO-WARZYWNEGO

Janusz Wojdalski, Bogdan Drózdź, Michał Lubach

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań nad zmiennością zużycia energii cieplnej w zakładach przetwórstwa owocowo-warzywnego. Określono wpływ różnych czynników na zużycie energii cieplnej. Wyjaśniono wybrane przyczyny zmienności wskaźnika jednostkowego zużycia energii cieplnej, z uwzględnieniem przyjętych czynników technicznych, technologicznych i innych. Otrzymano równania i wskaźniki mogące mieć zastosowanie w określaniu standardów środowiskowych i najlepszych dostępnych technik produkcyjnych.

**Słowa kluczowe:** przetwórstwo owocowo-warzywne, zużycie energii cieplnej, wskaźniki jednostkowego zużycia energii cieplnej

### WYKAZ STOSOWANYCH OZNACZEŃ

- $A_c$  – dobowe zużycie energii cieplnej, GJ/24 h
- $b$  – wykładnik potęgi w modelu matematycznym
- $C$  – stała w modelu matematycznym
- $K_2$  – kubatura zakładu ogółem przypadająca na 1000 kg (1 Mg) przerabianego surowca w ciągu doby, m<sup>3</sup>/Mg
- $K_m$  – moc zainstalowana na 1000 kg (1 Mg) przerabianego surowca w ciągu 24 godzin, kW/Mg
- $P$  – całkowita moc zainstalowana urządzeń elektrycznych zakładu produkcyjnego, kW
- $P_1$  – moc zainstalowana urządzeń elektrycznych w kotłowni zakładowej, hydroforni, stacji uzdatniania wody, kW
- $P_2$  – moc zainstalowana linii do produkcji napojów i soków, kW
- $R^2$  – współczynnik determinacji
- $S_1$  – powierzchnia terenu zajęta pod zabudowę zakładu, m<sup>2</sup>
- $t$  – 24 h/d
- $V_1$  – kubatura pomieszczeń bezpośrednio produkcyjnych, m<sup>3</sup>
- $W_c$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej, GJ/Mg
- $Z$  – przerób surowców w ciągu doby, Mg/24 h
- $Z_1$  – wielkość produkcji koncentratów owocowych, Mg/24 h
- $Z_2$  – wielkość produkcji koncentratów warzywnych, Mg/24 h
- $Z_3$  – wielkość produkcji napojów, Mg/24 h

## WPROWADZENIE

Przetwórstwo owocowo-warzywne pod względem zużycia energii w przemyśle rolno-spożywczym zajmuje 6. pozycję po branży cukrowniczej, mleczarskiej, mięsnej, rybnej i piekarskiej. Równocześnie w strukturze zużycia energii finalnej tej branży 88,4% przypada na energię cieplną. Wielokierunkowy przerób surowców, różnorodność stosowanych procesów i operacji jednostkowych, zmienne warunki eksploatacji i niejednocześnieść pracy urządzeń oraz sezonowość produkcji wpływają na dużą zmienność w zużyciu energii cieplnej. Publikacje [Classen 1992, Grzybek 2003] przedstawiają wybrane związki przyczynowo-skutkowe w zakresie użytkowania energii, lecz nie wyjaśniają w pełni, jakie czynniki mają wpływ na zużycie energii cieplnej. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii cieplnej w niektórych przypadkach są zróżnicowane. Wynika to także z różnic w wyposażeniu technicznym zakładów, jak i różnorodności metod ustalania tych wskaźników.

Literatura podaje zakresy zmienności zakładowych wskaźników jednostkowego zużycia energii cieplnej, lecz nie wymienia czynników, które mogą mieć wpływ na ich wartość liczbową. Z literatury wynika także potrzeba doskonalenia modeli zużycia energii cieplnej przez zakłady przetwórstwa owocowo-warzywnego. Celem pracy jest analiza powyższych zagadnień, prowadząca do budowy modeli zakładów przetwórstwa owocowo-warzywnego jako użytkowników energii (w tym energii cieplnej) oraz do poszukiwania zależności między przyjętymi zmiennymi niezależnymi a użytkowaniem energii w zakładach tej branży.

## MATERIAŁ I METODYKA

Materiały i wyniki pomiarów pochodzą z 16 zakładów przetwórstwa owocowo-warzywnego badanych w okresie letnim. Pomiarami objęto po pięćdziesiąt okresów dobowych w każdym z zakładów, dla których uzyskano niezbędne zestawy danych [Dróżdż i Wojdański 1999; Lubach 1999].

W tabeli 1 przedstawiono grupy czynników (zmiennych niezależnych) mających wpływ na zużycie energii cieplnej na poziomie wskaźnika zakładowego [Wojdański i in. 1998].

Tabela 1. Czynniki warunkujące zużycie energii cieplnej w badanych zakładach

Table 1. Factors influencing heat energy consumption in the tested works

| Grupa czynników<br>(wariant) | Znaczenie, sens fizyczny                                                                                                                      | Stosowane<br>oznaczenia |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| I                            | Ogólna charakterystyka analizowanych zakładów                                                                                                 | $V_1$                   |
| II                           | Struktura mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych                                                                                          | $P_1, P_2$              |
| III                          | Struktura dobowego przerobu surowca lub produkcji                                                                                             | $Z_1, Z_2, Z_3$         |
| IV                           | Wskaźniki określające poziom wyposażenia technicznego, technologicznego, organizacji procesów produkcyjnych i zagospodarowania przestrzennego | $K_2$                   |

W tabeli 1 nie uwzględniono innych zmiennych przyjętych w badaniach, które okazały się nieistotne.

Postawiono założenie, że przyjęte czynniki (tab. 1) mają wpływ na zużycia energii cieplnej w zakładach produkcyjnych. Analiza statystyczna miała wykazać korelację i siły oddziaływania przyjętych zmiennych niezależnych na wybrane zmienne zależne (dobowe zużycie energii cieplnej  $A_c$  i zakładowe wskaźniki jednostkowego zużycia energii cieplnej  $W_c$ ). Uwzględniono związki przyczynowo-skutkowe będące funkcją czynników o niskiej istotności lub wyrażające tendencje przyjęte na etapie projektowania zakładów. Czynniki zostały przyjęte też ze względu na ich przydatność do oceny oddziaływania badanych zakładów na środowisko i określenia najlepszych dostępnych technik [Kubicki 1998, Lenard i Tyszecki 1998, WS Atkins Int. 1998, Zieńko i Sieńko 2000].

Dla wyjaśnienia zależności  $y$  od wielu zmiennych niezależnych (będących rzeczywistymi parametrami obserwowanymi w praktyce lub ich funkcjami) przyjęto formułę:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$$

w której:

$y$  – zmienna objaśniana ( $A_c$  lub  $W_c$ ),

$x$  – zmienne objaśniające (np.  $P_1, P_2, K_2, V_1, Z_1, Z_2, Z_3$ ).

Zastosowanie otrzymanych formuł empirycznych przy spełnieniu warunków:

$$b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \geq b_0 \text{ oraz } x_i \geq 0 \text{ dla } i = 1 \dots k.$$

pozwała w dużym stopniu wyjaśnić omawiany problem w analizowanych zakładach produkcyjnych przemysłu owocowo-warzywnego.

## WYNIKI

W tabeli 2 zawarto dane dotyczące zakładów produkcyjnych (dobowa wielkość i struktura przerobu, całkowita moc zainstalowana urządzeń elektrycznych), wskaźniki  $K_m$ , wyrażające łączny stopień wykorzystania zdolności przerobowej i zaangażowania mocy zainstalowanej w przerób 1 Mg surowca oraz zakładowe wskaźniki jednostkowego zużycia energii cieplnej. Badane zakłady produkcyjne uporządkowano według rosnącej mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych. Przedstawione w ten sposób dane wskazują na znaczne zróżnicowanie w wyposażeniu technicznym. Z tabeli 2 wynika, że średnie jednostkowe zużycie energii cieplnej w analizowanych zakładach znacznie różniło się między sobą i było uwarunkowane strukturą przerobu. Najniższe wskaźniki  $W_c$  występowały w zakładach o dużym udziale chłodnictwa i zamrażalnictwa w technologii produkcji.

Z prac Kubickiego [1998] i WS Atkins Int. [1998] wynika, że w zakładach przetwórstwa owocowo-warzywnego średnie jednostkowe zużycie energii cieplnej dla okresu rocznego wynosiło 8,33 GJ/Mg przerabianych surowców, przy czym maksymalna wartość tego wskaźnika wynosiła 32,40 GJ/Mg surowca. Z badań Grzybek i Rogulskiej [1991] wynika, że w jednym z analizowanych zakładów np. technologiczny wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej dla koncentratu jabłkowego wynosił 8,93 GJ/Mg produktu i był 12 razy większy od jednostkowego zużycia energii elektrycznej wyrażonej w GJ. Z kolei dla koncentratu pomidorowego analogiczna wartość wynosiła 4,69 GJ/Mg i była 2,4-krotnie większa od wskaźnika jednostkowego zużycia energii elektrycznej.

Tabela 2. Charakterystyka badanych zakładów przetwórstwa owocowo-warzywnego uwzględniająca wybrane czynniki techniczne i technologiczne

Table 2. The characteristics of the tested fruit-and-vegetable processing works considering selected technical and technological factors

| Za-<br>kład | Ogólna charakterystyka zakładów           |                        |                                                                                | Wartość średnia<br>wskaźnika $K_m$ dla<br>okresu dobowego,<br>kW/Mg | Średni wskaźnik<br>jednostkowego<br>zużycia energii<br>cieplnej $W_c$ dla<br>okresu dobowego,<br>GJ/Mg |
|-------------|-------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Dobowy<br>przerób<br>surowców<br>$Z$ , Mg | Profil pro-<br>dukcji* | Całkowita<br>moc zainsta-<br>lowana<br>urządzeń<br>elektrycz-<br>nych $P$ , kW |                                                                     |                                                                                                        |
| I           | 0,1–12,4                                  | 1; 2; 3                | 413                                                                            | 95,0                                                                | 4,4                                                                                                    |
| II          | 1,9–14,0                                  | 1; 4                   | 934                                                                            | 167,4                                                               | 15,4                                                                                                   |
| III         | 0,5–137,5                                 | 1; 2; 3; 4             | 1406                                                                           | 177,3                                                               | 20,8                                                                                                   |
| IV          | 8,7–161,1                                 | 3; 4; 5; 6             | 2294                                                                           | 54,3                                                                | 0,2                                                                                                    |
| V           | 23,8–154,4                                | 2; 3; 6; 8;<br>10      | 3528                                                                           | 59,2                                                                | 10,2                                                                                                   |
| VI          | 1,6–622,0                                 | 1; 2; 4; 7; 8          | 5160                                                                           | 250,8                                                               | 45,7                                                                                                   |
| VII         | 17,2–83,4                                 | 5; 7; 9                | 5713                                                                           | 141,3                                                               | 5,1                                                                                                    |
| VIII        | 16,0–484,4                                | 5; 6; 7                | 6500                                                                           | 62,1                                                                | 0,3                                                                                                    |
| IX          | 0,1–232,9                                 | 1; 3; 5; 6; 7;<br>8    | 7980                                                                           | 105,6                                                               | 15,8                                                                                                   |
| X           | 0,1–481,8                                 | 1; 5; 7; 8;<br>10      | 7992                                                                           | 27,9                                                                | 4,2                                                                                                    |
| XI          | 0,5–351,5                                 | 2; 5; 6; 7; 8          | 8500                                                                           | 182,5                                                               | 8,76                                                                                                   |
| XII         | 26,0–398,5                                | 1; 4; 5; 7; 8;<br>10   | 10500                                                                          | 76,0                                                                | 8,5                                                                                                    |
| XIII        | 0,1–778,2                                 | 5; 6; 7                | 11792                                                                          | 95,5                                                                | 5,3                                                                                                    |
| XIV         | 0,1–312,3                                 | 3; 5; 6; 7; 8          | 11851                                                                          | 156,7                                                               | 8,1                                                                                                    |
| XV          | 0,1–226,9                                 | 5; 6; 7; 11            | 12325                                                                          | 163,1                                                               | 6,7                                                                                                    |
| XVI         | 0,1–287,9                                 | 6; 7; 8; 9             | 14237                                                                          | 132,4                                                               | 5,6                                                                                                    |

\*oznaczenia profilu produkcji: 1 – napoje, 2 – przetwory owocowe, 3 – przetwory warzywne, 4 – inne przetwory, 5 – owoce mrożone, 6 – warzywa mrożone, 7 – koncentraty owocowe, 8 – soki pitne, 9 – lody, 10 – koncentraty warzywne, 11 – susze owocowe i warzywne.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyprowadzono równania, wyrażające wpływ czynników objętych czterema przyjętymi grupami na zużycie energii cieplnej (tab. 3). Uwzględniono tylko te równania regresji, dla których współczynnik korelacji był większy od 0,5. Postać równań o większej liczbie zmiennych niezależnych jest uwarunkowana kolejnością pojawiania się wyników w procedurze regresji krokowej. W przypadku zastosowania czynników grupy I (tab. 1), tylko wpływ kubatury pomieszczeń produkcyjnych zakładów był istotny. Współczynnik korelacji między występującymi zmiennymi wynosił 0,54. Kubatura pomieszczeń jest czynnikiem wyrażającym stan zagospodarowania przestrzennego. Można postawić tezę, że dla okresu zimowego współczynnik korelacji w analizowanym przypadku osiągnie większe wartości liczbowe. Wymaga to jednak dodatkowych badań.

Tabela 3. Czynniki wpływające na zmienność zużycia energii cieplnej w badanych zakładach

Table 3. Factors influencing the changeability of heat energy consumption in the tested works

| Grupa zmiennej niezależnych | Równanie                                                             | R <sup>2</sup> | Zmienne niezależne                  |                                               |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                             |                                                                      |                | oznaczenie, wymiar                  | zakres liczbowy                               |
| I                           | $A_c = -458,96 + 37,17 \cdot \sqrt{V_1}$                             | 0,294          | $V_1, m^3$                          | 10008-396080                                  |
| II                          | $A_c = -260,8 + 0,74 \cdot P_2 + 25,15 \cdot \sqrt{P_1}$             | 0,618          | $P_1, kW$<br>$P_2, kW$              | 41-1715<br>25-932                             |
| III                         | $A_c = 200,5 + 3,6Z_3 + 211,9 \cdot \log Z_1 + 443,0 \cdot \log Z_2$ | 0,596          | $Z_1, Mg$<br>$Z_2, Mg$<br>$Z_3, Mg$ | 0,585-772,980<br>2,920-8,640<br>0,765-191,094 |
| IV                          | $W_c = -0,39 + 0,0014K_2$                                            | 0,845          | $K_2, m^3/Mg$                       | 307-307692                                    |

Zmienne objęte grupą II służą do wykazania zależności między strukturą mocy zainstalowanej a zużyciem energii cieplnej. Z przeprowadzonych analiz wynika, że zmienność dobowego zużycia energii cieplnej 61,8% jest przypisywana mocy zainstalowanej w kotłowni zakładowej, hydroforni i stacji uzdatniania wody oraz linii do produkcji soków i napoi. Otrzymane równanie przyczynia się częściowo do wyjaśnienia słabo rozpoznanych zagadnień w tym zakresie. Moc zainstalowana urządzeń elektrycznych w kotłowni objęta wielkością  $P_1$  jest bowiem skorelowana z wielkością urządzeń cieplnych stosowanych do wytwarzania i użytkowania ciepła.

Wielkościami  $Z_1$  i  $Z_2$  (produkcja koncentratów owocowych i warzywnych),  $Z_3$  (produkcja napoi), objętym grupą III, było przypisywane 59,6% wpływu na dobowe zużycie energii cieplnej. W tym kontekście na podstawie pracy Singha [1986] można przytoczyć przykładowy technologiczny wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej dla produkcji konserw warzywnych, który wynosi 5187 GJ/Mg. W strukturze tego wskaźnika blisko 50% przypada na ciepło w parze wodnej i gorącej wodzie, zużywanych w procesie technologicznym. Na podkreślenie zasługuje fakt, że około 23% energii cieplnej stanowiły straty, co wskazuje na konieczność stosowania obiegów zamkniętych i odzyskiwania ciepła odpadowego. Omawiany wskaźnik jest ponad 25 razy większy od analogicznego wskaźnika dla energii elektrycznej. Produkcja mrożonych koncentratów z owoców cytrusowych wymagała dostarczenia energii cieplnej w ilości 8234 GJ/Mg. W tym przypadku zapotrzebowanie na ciepło w parze i gorącej wodzie oraz bezpośrednie zużycie oleju opałowego stanowiło 83%. Należy zaznaczyć, że wskaźnik ten był ponad dwukrotnie większy od technologicznego wskaźnika jednostkowego zużycia energii elektrycznej.

Zastosowanie IV grupy czynników jest źródłem informacji na temat łącznego wpływu czynników technicznych, technologicznych, stopnia zmechanizowania operacji produkcyjnych, organizacyjno-produkcyjnych oraz zagospodarowania przestrzennego na gospodarkę cieplną. Otrzymane tu wyniki potwierdzają tendencję, wynikającą z wariantu I, o dużym wpływie kubatury, zarówno pomieszczeń produkcyjnych, jak i poza-produkcyjnych na zużycie ciepła  $A_c$  i poziom jednostkowego zużycia energii cieplnej  $W_c$ . Występujący w równaniu (tab. 3) wskaźnik  $K_2$  jest funkcją całkowitej kubatury zakładu i dobowego przerobu surowców. Ze względu na wysoki stopień korelacji

(0,916) można uznać, że otrzymane równanie wyraża przyczynę zmian jednostkowego zużycia energii cieplnej w zakładach przetwórstwa owocowo-warzywnego. Badania wykazały bowiem, że ponad 84% zmienności jednostkowego zużycia energii cieplnej jest przypisywane wskaźnikowi  $K_2$ . W praktyce wykazano, że formuła ta ma przydatność, gdy  $K_2$  jest zawarte w granicach 4000-30000 m<sup>3</sup>/Mg, w warunkach ustalonej i bezawaryjnej pracy.

Stosowanie otrzymanych równań uwarunkowane jest zakresami poszczególnych zmiennych niezależnych, których wartości liczbowe przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Niepełne wyjaśnienie zmienności dobowego zużycia energii cieplnej przez badane zakłady doprowadziło do budowy modelu mającego następującą postać:

$$A_c = C \cdot \frac{Z \cdot S_1}{t^2} \left( \frac{P \cdot t^3}{Z \cdot S_1} \right)^b$$

który został zweryfikowany dla jednego z zakładów. Wartość  $A_c$  obliczona z przykładowego modelu:

$$A_c = 0,0382 \cdot \frac{Z \cdot S_1}{t^2} \left( \frac{P \cdot t^3}{Z \cdot S_1} \right)^{0,874}$$

nie różniła się więcej niż 13,54% od wartości rzeczywistej. Warunki stosowania modelu:

$S_1 = 68300 \text{ m}^2$ ,

$P = 14237 \text{ kW}$ ,

$Z \in <13,3 \text{ Mg/d; } 287,9 \text{ Mg/d}>$ ,

$t = 24 \text{ h}$ .

Struktura otrzymanego modelu i wyniki weryfikacji wskazują na możliwość występowania także innych czynników wpływających na dobowe zużycie ciepła.

Próby doskonalenia modelu matematycznego zakładu przetwórstwa owocowo-warzywnego powinny uwzględniać np.: sprawność przemian cieplnych, straty ciepła, stopień odzyskania energii odpadowej, ciśnienie użytkowanej pary wodnej i temperaturę wody zasilającej kocioł parowy. Zużycie energii cieplnej w znacznym stopniu ma charakter ekstensywny, co uzasadnia stosowanie modelu matematycznego. Wielkość  $A_c$  zależy bowiem bezpośrednio od wielkości przerobu, a wpływ na nią mają także inne czynniki, co wykazano w pracy.

Przedstawiony model ma ograniczone zastosowanie i wymaga uwzględnienia także struktury mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych, gdyż wielkość  $P$  obejmuje zbyt dużą liczbę odbiorników pracujących sezonowo. Zarówno otrzymany model, jak też równania regresji uwzględniają większą liczbę zmiennych w porównaniu z wynikami prac: Vergara i in. [1978], Cleland i in. [1981], Jacobs [1981], Gasparino i in. [1984], Rao i in. [1986] i Classen [1992], w których poruszano także wymienione zagadnienia.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Otrzymane formuły stanowią istotny postęp w stosunku do wyników pracy Wojdalskiego i in. [1993], gdyż wyjaśniają przyczyny zmienności dobowego zużycia energii cieplnej i wskaźników jednostkowego zużycia tej energii. Pozwalają analizować zmien-

ność zużycia energii cieplnej z uwzględnieniem kilku czynników technicznych, technologicznych i zagospodarowania przestrzennego. Otrzymane formuły mogą posłużyć do racjonalizacji i monitoringu poboru ciepła, a także mogą być przydatne do optymalizacji wskaźników jednostkowego zużycia energii cieplnej. Ma to także istotne znaczenie podczas przeglądów ekologicznych w zakładach przemysłowych, jak też przygotowywania standardów środowiskowych.

Z przeprowadzonych badań wynika możliwość budowy modeli dla jednostkowego zużycia energii cieplnej, a także optymalizacji jej zużycia z wykorzystaniem np. programowania liniowego.

Przeprowadzone badania prowadzą również do następujących wniosków:

1. Dobowa zmienność zużycia energii cieplnej była wyjaśniona w granicach od 29,4 do 61,8% przez kubaturę pomieszczeń produkcyjnych, strukturę mocy zainstalowanej i strukturę produkcji gotowych wyrobów.

2. W różnicowaniu wskaźnika jednostkowego zużycia energii cieplnej istotne znaczenie ma tylko jeden czynnik ( $K_2$ ), będący funkcją ogólnej kubatury zakładu i dobowej wielkości przerobu, któremu w ponad 84% jest przypisywana zmienność wskaźnika  $W_c$ .

3. Wyniki badań mogą być przydatne dla praktyki przemysłowej, gdyż poziom dobowego zużycia energii cieplnej i wskaźniki jednostkowego jej zużycia są odnoszone do danych określających wyposażenie techniczne zakładów produkcyjnych i zagospodarowanie przestrzenne.

4. Otrzymane formuły empiryczne mogą być wykorzystywane do prognozowania poboru energii cieplnej w celu określenia standardów najlepszych dostępnych technik (BAT), weryfikacji rozwiązań budowlanych oraz wydawania pozwoleń zintegrowanych.

## PIŚMIENNICTWO

- Classen J. 1992: Processing energy requirements for several vegetables. *Trans. ASEA*, 35(3), 973–974.
- Cleland A.C., Earle M.D., Boag I.F. 1981: Application of multiple linear regression to analysis of data from factory energy surveys. *Journal Food Technology*, 16, 481–492.
- Drózd B., Wojdalski J. 1999: Czynniki wpływające na zużycie energii w zakładach przemysłu rolno-spożywczego. Techniczne, ekologiczne i ekonomiczne zagadnienia inżynierii rolniczej. Materiały z Sympozjum z okazji jubileuszu 50-lecia pracy zawodowej prof. Kazimierza Zduna. SGGW, Warszawa, 14–26.
- Gasparino F. J., Vitali A.A., Viegas F.C.P., Rao M.A. 1984: Energy consumption in a concentrated orange juice plant. *Journal Food Processing Energy*, 7, 77–89.
- Grzybek A. 2003: Wpływ wybranych technologii na środowisko i energochłonność przetwórstwa owocowo-warzywnego. Rozprawy habilitacyjne nr 12. Inżynieria Rolnicza 2 (44).
- Grzybek A., Rogulska M. 1991: Nakłady materiałowo-energetyczne i energochłonność skumulowana produkcji przetworów owocowo-warzywnych. Zeszyt IBMER, Warszawa
- Jacobs W.P. 1981: Forecasting energy requirements. *Chem. Eng.*, 88 (5), 97–99.
- Kubicki M. (red.) 1998: Ochrona środowiska w przemyśle owocowo-warzywnym. Wyd. FAPA, Warszawa, 30–36, 38–43.
- Lubach M. 1999: Wpływ wybranych czynników na energochłonność zakładów przemysłu owocowo-warzywnego. Rozprawa doktorska. SGGW, Warszawa,
- Preisner L., Pindór T. 2000: Przeglądy efektywności przemysłu i ochrony środowiska. Wyd. AGH, Kraków, 37–72.
- Singh R.P. 1986: Energy Accounting of Food Processing Operations (in *Energy in Food Processing*). Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 33, 36.

- Vergara W., Rao M.A., Jordan W.K. 1978: Analysis of direct energy usage in vegetable canneries. Trans. ASAE, 21, 1246 – 1249.
- Wojdalski J., Domagała A., Kaleta A., Janus P. 1998: Energia i jej użytkowanie w przemyśle rolno-spożywczym. SGGW, Warszawa, 10–11,
- Wojdalski J., Grzybek A., Rogulska M. 1993: Struktura i możliwości racjonalizacji zużycia energii w zakładach przemysłu owocowo-warzywnego. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 3, 12–16.
- WS Atkins International 1998: Ochrona środowiska w przemyśle rolno-spożywczym. Standardy środowiskowe. FAPA, Warszawa, 66–69, 107.
- Zieńko J., Sienko E. 2000: Ekologiczne uwarunkowania systemów zarządzania środowiskiem przyrodniczym i metody opcji ekologicznych w projektowaniu technologicznym. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, 550, 239–279.

#### FACTORS OF INFLUENCE ON HEAT MANAGEMENT IN FRUIT-AND-VEGETABLE PROCESSING WORKS

**Summary.** The paper presents results of research on changeability of heat energy consumption in fruit-and-vegetable processing works. An influence of various factors on heat energy consumption was determined. Selected reasons for unitary index changeability were explained considering the assumed technical, technological and other factors. The obtained equations and indices might be applied for the determination of environmental standards as well as the best possible technologies.

**Key words:** fruit-and-vegetable processing, heat energy consumption, energy consumption indices

Recenzent: prof. dr hab. Elżbieta Kusińska