

KOMPUTEROWY MODEL UKŁADU STEROWANIA MIKROKLIMATEM W PRZECHOWALNI JABŁEK

Ewa Wachowicz, Piotr Grudziński

Katedra Automatyki, Politechnika Koszalińska

Streszczenie. W pracy przedstawiono komputerowy model układu sterowania procesami wymiany ciepła i masy w jabłkach oraz powietrzu w przechowalni. Model opracowany został w środowisku programowym MATLAB.

Słowa kluczowe: jabłka, przechowalnictwo, mikroklimat, układ sterowania, komputerowy model

Wykaz oznaczeń

e	– uchyb regulacji,
k_p	– współczynnik wzmocnienia statycznego,
t	– czas [h],
T_i	– czas całkowania [h],
T_d	– czas różniczkowania [h],
u	– sygnał sterujący,
u'	– sygnał sterujący na wyjściu regulatora,
y	– wielkość regulowana,
y_o	– wielkość zadana,
y_m	– wielkość regulowana zmierzona przez element pomiarowy,
z	– zakłócenie.

Wprowadzenie

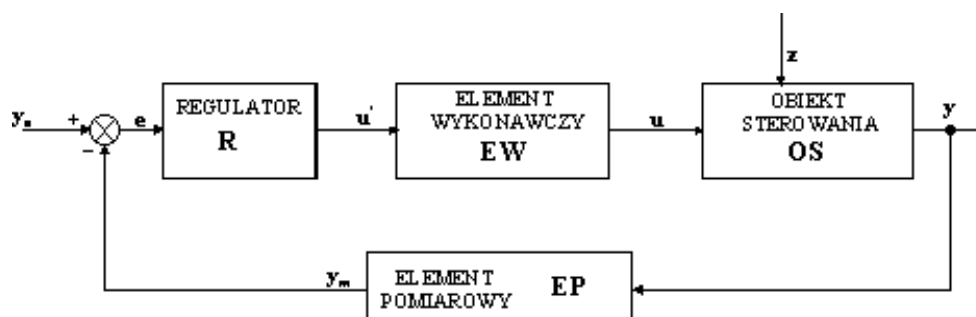
Podczas magazynowania jabłek w przechowalni konieczne jest zapewnienie wymaganego, ściśle określonego przez technologów, mikroklimatu [Lange 1989]. W tym celu w przechowalni instaluje się m.in. układy sterowania temperaturą jabłek oraz wilgotnością względną powietrza wewnątrz przechowalni. Proces projektowania układów sterowania mikroklimatem w przechowalni może być wspomagany komputerowo [Tarnowski 2001]. Konieczna jest wówczas znajomość komputerowego modelu projektowanego układu [Tarnowski, Bartkiewicz 2000]. Dzięki niemu ułatwiony jest:

- dobór urządzeń wchodzących w skład układu,
- dobór nastaw regulatora,
- wybór algorytmu sterowania.

Celem niniejszej pracy było opracowanie komputerowego modelu układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek (w tym matematycznego oraz komputerowego modelu procesu technologicznego), który może być wykorzystany do wspomagania projektowania.

Komputerowe modele elementów funkcjonalnych układu sterowania

Schemat blokowy komputerowego modelu układu automatycznej regulacji, umożliwiającego sterowanie mikroklimatem w przechowalni jabłek, pokazano na rysunku 1.



Źródło: opracowanie własne

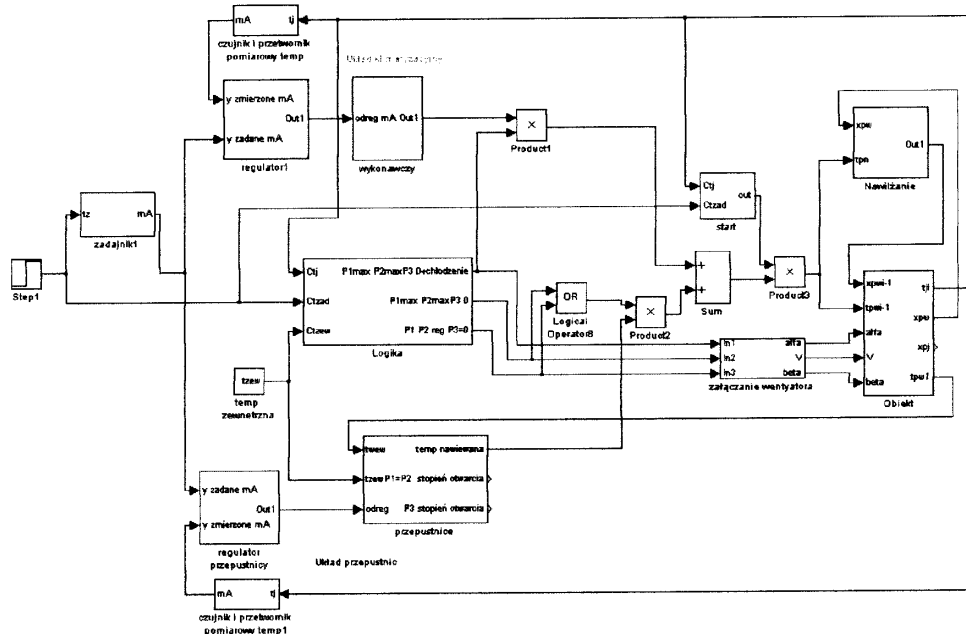
Rys. 1. Schemat blokowy komputerowego modelu układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek

Fig. 1. Block diagram showing computer model of microclimate control system in apple storehouse

W skład układu wchodzi następujące elementy funkcjonalne:

- obiekt sterowania OS (proces technologiczny przechowalnictwa jabłek),
- regulator R wraz z realizowanym algorytmem sterowania,
- elementy wykonawcze EW, którymi są urządzenia wentylacji i klimatyzacji,
- elementy pomiarowe EP czyli czujniki: temperatury jabłek oraz wilgotności względnej powietrza wewnętrznego.

Na rysunku 2 przedstawiono komputerowy model układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek, w skład którego wchodzi komputerowe modele wymienionych wcześniej elementów funkcjonalnych.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Komputerowy model układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek
 Fig. 2. Computer model of microclimate control system in apple storehouse

Poniżej przykładowo omówione zostaną wybrane, komputerowe modele elementów funkcjonalnych, wchodzących w skład pokazanego na rysunku 2 modelu układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek.

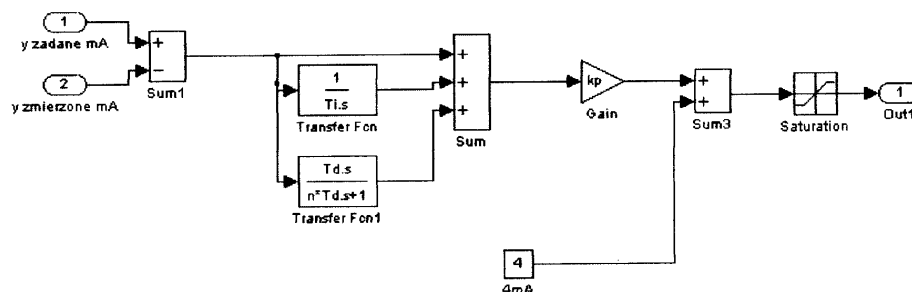
Model regulatora

Do ciągłego sterowania parametrami mikroklimatu w przechowalni jabłek zastosowano regulatory PID (proporcjonalno-całkująco-różniczkujące). Równanie opisujące funkcjonowanie regulatora PID ma postać:

$$u' = k_p \left\{ e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de}{dt} \right\} \quad (1)$$

Komputerowy model regulatora PID przedstawiono na rysunku 3.

Regulatory PID umożliwiają realizację ciągłego sterowania parametrami mikroklimatu w przechowalni jabłek.

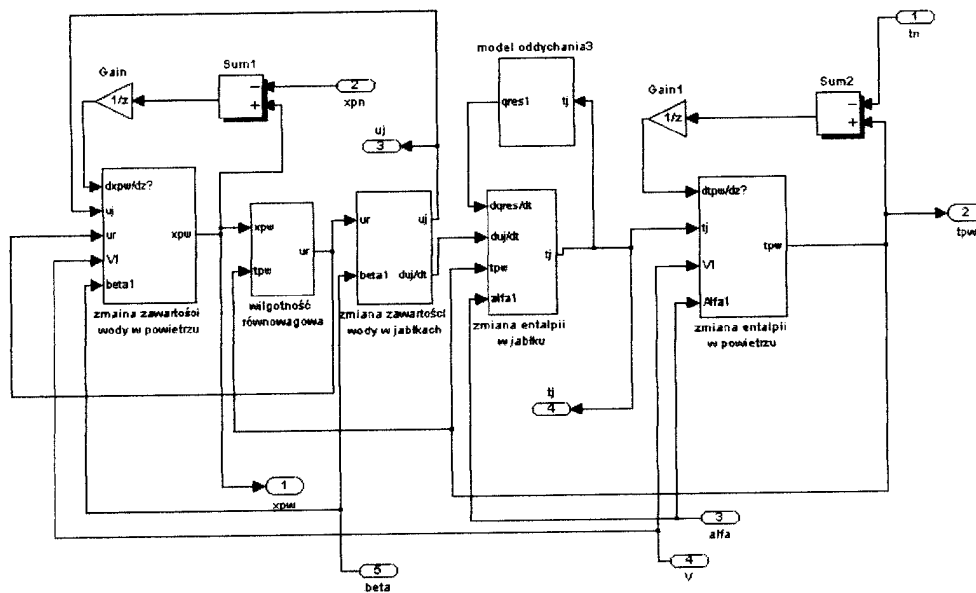


Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Komputerowy model regulatora PID
Fig. 3. Computer model of PID controller

Model obiektu sterowania

Formułowanie komputerowego modelu procesu technologicznego przechowywania jabłek poprzedzone było opracowaniem matematycznego modelu tego procesu. Matematyczny model procesu wymiany ciepła i masy w jabłkach i otaczającym je powietrzu w przechowalni opisano szczegółowo w pracy [Wachowicz 2003]. Implementację komputerową tego modelu, zrealizowaną w środowisku programowym MATLAB z wykorzystaniem przybornika Simulink, pokazano na rysunku 4.



[Źródło: opracowanie własne]

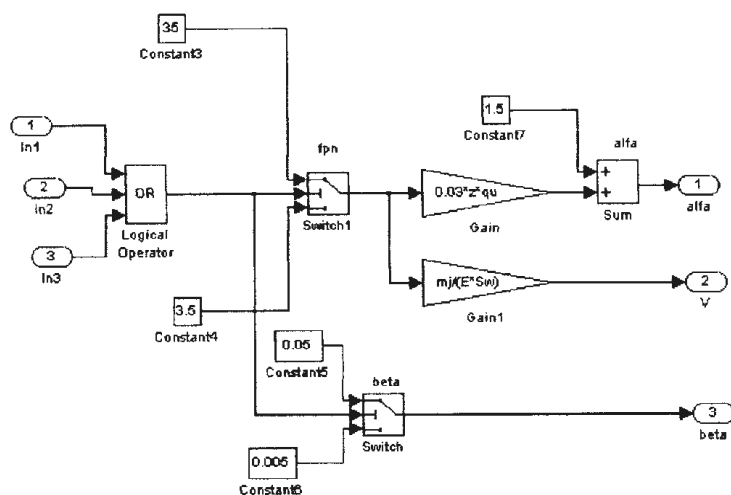
Rys. 4. Komputerowy model procesów wymiany ciepła i masy w przechowalni jabłek
Fig. 4. Computer model of heat and mass exchange processes in apple storehouse

Modele elementów pomiarowych i wykonawczych

W skład komputerowego modelu układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek wchodzi także modele czujników pomiarowych:

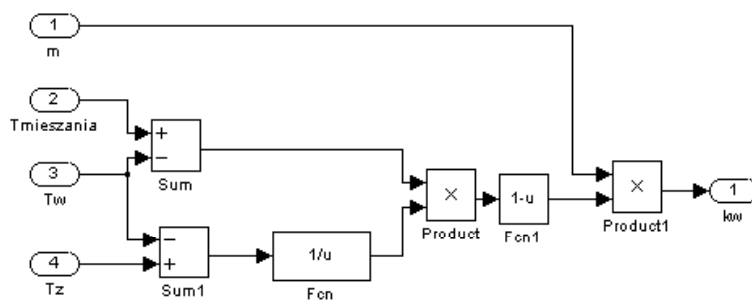
- temperatury jabłek,
- temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego
- oraz modele urządzeń wykonawczych w postaci:
 - wentylatora,
 - siłowników przepustnic powietrza: zewnętrznego, wewnętrznego oraz wylotowego,
 - agregatu chłodniczego.

Na rysunkach 5 i 6 przykładowo pokazano komputerowe modele elementów wykonawczych: wentylatora (rys. 5), przepustnicy powietrza (rys. 6).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Komputerowy model wentylatora
Fig. 5. Computer model of fan



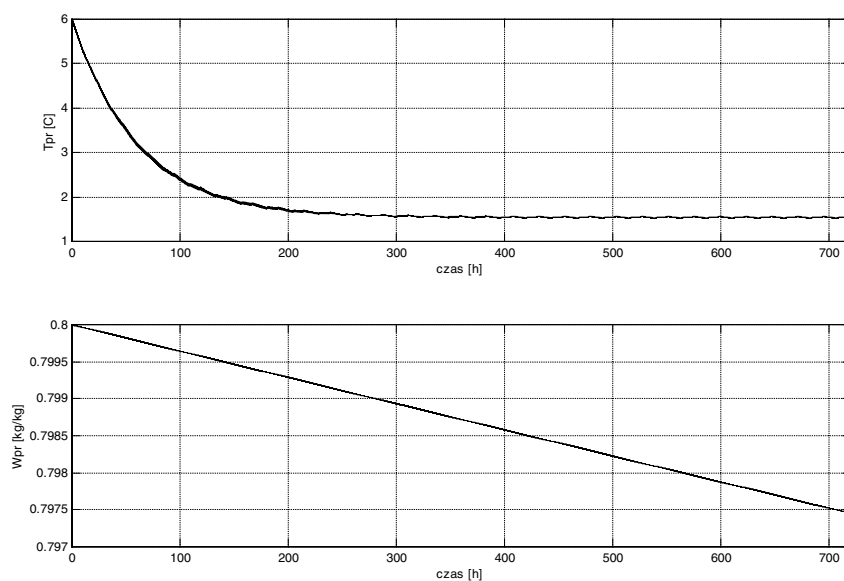
[Źródło: opracowanie własne]

Rys. 6. Sterowanie stopniem otwarcia przepustnic
Fig. 6. Control for damper opening

Wyniki badań symulacyjnych

Korzystając z opracowanego komputerowego modelu układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek przeprowadzono badania symulacyjne.

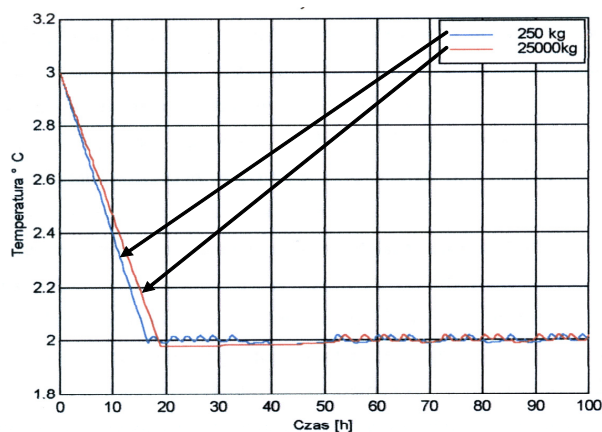
Na rysunku 7 pokazano przykładowe zmiany w czasie temperatury jabłek oraz zawartości wody w jabłkach podczas ich schładzania.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Przykładowe zmiany w czasie: a) temperatury jabłek oraz b) zawartości wody w jabłkach podczas ich magazynowania
Fig. 7. Example changes in time for: a) apple temperature, and b) water content in apples during storage

Zmiany w czasie temperatury jabłek, uzyskane dla różnych mas jabłek składowanych w komórce magazynowej przechowalni pokazano na rysunku 8.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Przebieg temperatury jabłek, uzyskany dla różnych mas jabłek składowanych w przechowalni
Fig. 8. Trajectory of apple temperature, obtained for various masses of apples kept in storehouse

Podsumowanie

Analiza logiczna otrzymanych wyników badań symulacyjnych pozwala stwierdzić, że komputerowy model układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek funkcjonuje poprawnie.

Dzięki znajomości tego modelu możliwe jest przeprowadzenie badań symulacyjnych procesu technologicznego oraz układu sterowania, powiększających naszą wiedzę o procesie i sterowaniu mikroklimatem. Model może zostać praktycznie wykorzystany:

- do wspomagania projektowania układów sterowania mikroklimatem w przechowalni,
- jako model odniesienia, stanowiący część składową adaptacyjnego układu sterowania mikroklimatem w przechowalni jabłek.

Bibliografia

- Lange E.** 1989. Przechowywanie owoców. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-09-01417-1
- Wachowicz E.** 2003. Modelowanie procesów zachodzących w przechowalniach jabłek. Inżynieria Rolnicza 9 (51), s. 99-108.
- Tarnowski W. Bartkiewicz S.** 2000. Modelowanie matematyczne i symulacja komputerowa dynamicznych procesów ciągłych. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin. Wyd. II. ISBN 83-87424-633.
- Tarnowski W.** 2001. Projektowanie układów regulacji automatycznej ciągłych z liniowymi korektorami ze wspomaganie za pomocą MATLAB'a. Wyd. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin. ISSN 0239-7129.

COMPUTER MODEL OF MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM IN APPLE STOREHOUSE

Abstract. The paper presents a computer model of control system for heat and mass exchange processes in apples and in storehouse air. The model was developed using the MATLAB programming environment.

Key words: apples, storing, microclimate, control system, computer model

Adres do korespondencji:

Ewa Wachowicz; e-mail: ewa.wachowicz@tu.koszalin.pl
Katedra Automatyki
Politechnika Koszalińska
ul. Raławicka 15/17
75-620 Koszalin