

STOSOWANIE TEORII GIER PRZY FORMOWANIU ROZWIĄZAŃ W SYSTEMIE ZARZĄDZANIA STACJĄ WYDOBYCIA SOKU CUKROWNI

Doktor nauk technicznych W.M.Sidleckyj, doktor nauk technicznych

I.W.Elperin, doktor nauk technicznych O.I.Łewczenko

Narodowy Uniwersytet Technologii Żywności, Ukraina

Przedstawiana jest realizacja systemu zarządzania wydajnością stacji dyfuzyjnej cukrowni z wykorzystaniem teorii gier, stosowanej do wyboru takich wielkości naprężenia silników wału rurowego kolumny, przy których zostanie osiągnięta maksymalna wydajność stacji pod warunkiem minimalizacji strat cukru w okresie przechowywania.

***Wyrazy kluczowe:** system zarządzania, system podejmowania decyzji, teoria gier.*

Wstęp

Zgodnie z [1] podstawowym zadaniem przy zarządzaniu stacją wydobycia soku jest ustalenie wartości rekomendowanych parametrów technologicznych w celu zachowania wskaźników jakościowych pracy stacji dyfuzyjnej: jakości soku dyfuzyjnego, nieuwzględnionych strat cukru i strat cukru z wysłodkami.

Jednym z parametrów, który w znacznym stopniu wpływa na te wskaźniki, jest czas trwania dyfuzji. Wraz ze wskaźnikami jakościowymi przy opracowaniu modelu produkcyjnego stacji dyfuzyjnej rozpatrywane są wymagania wobec trybów wypełnienia aparatów wiórkami i przemieszczania wiórków w aparatach, które z kolei, są uzależnione od częstotliwości obracania się przenośników śrubowych. Ostatnie parametry są ściśle związane z wydajnością stacji dyfuzyjnej, tj. z szybkością przeróbki buraków. Zmieniając ww. parametry zmieniamy wydajność. Ale zmieniając wydajność zmieniamy wskaźniki jakościowe.

Z kolei zmiana wydajności wpływa na zmianę strat cukru podczas przechowywania buraków. Konieczność zorganizowania przechowywania buraków

w cukrowniach uzasadniana jest różnicą tempa zbioru buraków i tempa ich przeróbki. Tłumaczy się to tym, że wydajność cukrowni pozwala na przeróbkę tylko pewnej liczby surowca w ciągu doby. W tym samym czasie nie można obniżyć tempa zbioru buraków cukrowych, ponieważ istnieje duże prawdopodobieństwo pogorszenia warunków pogodowych, co może w znacznym stopniu skomplikować proces ich zbierania.

Aktualność

W procesie przechowywania buraków występują bezpośrednie straty cukru, czemu także towarzyszy zmiana ich wskaźników jakości [2].

Zmiana wskaźników jakościowych surowca i bezpośrednie straty cukru zależą od:

- jakości buraków znajdujących się w przechowywaniu;
- warunków przechowywania, w tym, warunków pogodowych;
- okresu przechowywania.

Z ww. czynników można zmienić tylko okres przechowywania w drodze zmiany wydajności stacji dyfuzyjnej. Im wyższa wydajność, tym krótszy jest okres przechowywania, a więc mniejsze są straty cukru przy przechowywaniu. Przy czym należy uwzględnić, że aby zwiększyć wydajność należy zwiększyć szybkość przemieszczenia się wiórków w aparacie, a to może spowodować zwiększenie strat cukru podczas przeróbki. Z kolei wydajność stacji dyfuzyjnej zależy od jakości buraków, podawanych do przeróbki.

Ponadto, wskaźniki jakościowe buraków wpływają na tryb technologiczny ich przeróbki. Owszem jakość wiórków, uzyskanych na krajalnicy do buraków, bezpośrednio zależy od jakości buraków. Dotyczy to zarówno bezpośrednich wskaźników jakości wiórków: długości, % braku, jak i zmiany ich właściwości, które wpływają właśnie na proces dyfuzji cukru z wiórków. Zmiana jakości wiórków powoduje zmianę reżimów technologicznych pracy stacji dyfuzyjnej oraz zakłóca rytmiczność jej funkcjonowania.

W ten sposób etap przechowywania buraków, oddanie ich do obróbki i ustalenie wydajności stacji dyfuzyjnej jest to bardzo ważne zadanie, które może w sposób znaczący wpłynąć na straty cukru i podniesienie efektywności pracy stacji.

Przy czym należy uwzględniać osobliwości organizacji przechowywania buraków, które polegają na tym, że w procesie dostarczenia buraków do cukrowni laboratorium surowcowe dokonuje analizy wskaźników jakości: zawartość cukru, zanieczyszczenia, obecność w partii buraków uszkodzeń mechanicznych lub buraków zarażonych chorobami. Te wskaźniki powinny być uwzględniane w procesie oddania buraków do przechowywania i ustalenia zasad ich przeróbki.

W ten sposób główne zadanie polega na ustaleniu wydajności stacji dyfuzyjnej, której można osiągnąć dla danej jakości wiórków buraczanych, zachowując przy czym wyznaczone wskaźniki jakości, przede wszystkim strat cukru w wysłodkach. Ponadto, biorąc pod uwagę uzależnienie strat cukru podczas przechowywania od szybkości jego przeróbki, uzasadnione jest opracowanie algorytmu obliczenia strat cukru podczas przechowywania. Za pomocą tych algorytmów na podstawie informacji uzyskanych od laboratorium surowcowego, dotyczących wskaźników jakościowych surowca, kontroli warunków i okresu przechowywania należy sformułować rekomendacje na temat:

- zasady przeróbki partii buraków w celu zmniejszenia strat cukru w okresie przechowywania;
- formowania, w miarę możliwości, jednorodnych, z punktu widzenia właściwości, partii przeróbki buraków, w celu poprawienia rytmiczności pracy oddziału dyfuzyjnego.

Przy czym należy ustalić i rozwiązać następujące zadania:

- opracować metodykę wyznaczenia prognozowanych strat cukru w bukarach podczas przechowywania;
- wyznaczyć metodykę opracowania planu przeróbki buraków w celu zmniejszenia strat cukru w okresie przechowywania

- opracować metodykę wyznaczenia wydajności stacji dyfuzyjnej w celu zmniejszenia ogólnych strat cukru w okresie przechowywania i podczas przeróbki

Sformułowanie rekomendacji przy zarządzaniu wydajnością stacji dyfuzyjnej

Przeprowadzona analiza pokazuje, że wydajność stacji dyfuzyjnej w sposób znaczący wpływa zarówno na wskaźniki jakości procesu dyfuzji w procesie przeróbki buraków cukrowych, jak i na straty cukru w okresie przechowywania surowca. Przy czym występują pewne niezgodności w podjęciu decyzji. Jeśli występuje konieczność zmniejszenia strat cukru w okresie przechowywania, należy zwiększać tempo przeróbki surowca, to jest zwiększać wydajność oddziały dyfuzyjnego. Ale to może spowodować zwiększenie strat cukru w wysłodkach i pogorszenie wskaźników jakości procesu dyfuzji. Z drugiej strony zmiana wskaźników stanu surowca doprowadza do zmiany warunków technologicznych procesu ekstrakcji oraz w sposób znaczący wpływa na wskaźniki jakościowe procesu dyfuzji. To może wymagać zmiany czasu znajdowania się wiórków w kolumnie, co zmieni wydajność stacji i będzie zakłócać jej rytmiczność. A to z kolei będzie wpływać na okres przechowywania surowca i odpowiednio na straty cukru podczas przechowywania. W ten sposób wybór algorytmów zarządzania wydajnością jest bardzo ważnym zadaniem.

Ponadto należy rozumieć, że minimalizacja ogólnych strat cukru w procesie przechowywania i przeróbki, jako sumy poszczególnych niezależnych składników, nie zawsze skutkuje uzyskaniem pożądanego wyniku. Można to objaśnić posługując się następującym przykładem. Niekorzystne warunki pogodowe doprowadziły do znacznego zwiększenia strat cukru w burakach, które znajdują się na kopcach. Można zwiększyć tempo przeróbki buraków, ale to doprowadzi do wzrostu zawartości cukru w wysłodkach, to jest do zwiększenia strat podczas przeróbki. W pewnych warunkach uzasadnione jest podjęcie decyzji o zmianie reżimów technologicznych,

co doprowadzi do ogólnych strat cukru w wysłodkach, jeśli ogólne straty cukru będą mniejsze.

Zmiana wydajności stacji dyfuzyjnej możliwa jest na dwa sposoby:

- zwiększenie naprężenia silników wału rurowego kolumny, co doprowadzi do zwiększenia prędkości przepływu wiórków przez aparat i skraca czas znajdowania się wiórków w aparacie;
- zmniejszenie długości wiórków (zwiększenie wymiarów geometrycznych), co doprowadza do konieczności wydłużenia czasu znajdowania się wiórków w aparacie. Tłumaczy się to tym, że grubsze wiórki lepiej przemieszczają się w aparacie, i dlatego aparat można wypełnić większą ilością wiórków. Ale jednocześnie zwiększa się grubość warstwy dyfuzji, co wymaga więcej czasu na dyfuzję, to jest zmniejszenia naprężenia silników kolumny.

W ten sposób w procesie poszukiwania decyzji zarządczych co do wydajności przeróbki surowca przy zachowaniu strat cukru w wyznaczonych ramach występuje sytuacja konfliktowa typu neantagonistycznego, w której można wyróżnić dwie strony [3]:

- pierwsza – zainteresowana zwiększeniem wydajności poprzez zwiększenie naprężenia silników kolumny;
- druga – zainteresowana w zmniejszeniu strat przy przeróbce buraków cukrowych za rachunek zwiększenia długości wiórków.

Długość wiórków zależy od jakości surowca i ustawień krajalnic do buraków, znaczy jest parametrem, którym nie ma możliwości zarządzania w sposób operacyjny. Dlatego zadanie systemu będzie polegało na poszukiwaniu takich wartości naprężenia silników, które umożliwią osiągnięcie maksymalnej wydajności stacji dla obecnej długości wiórków pod warunkiem zachowaniu strat cukru podczas przechowywania.

Zakładając, że każdej wartości naprężenia silników kolumny ν i długości wiórku d będzie odpowiadać zarówno wydajność A , jak i straty cukru B , należy znaleźć sytuację, w której wydajność będzie maksymalna, a straty – minimalne:

$$\begin{cases} A = f_1(v, d) \\ B = f_2(v, d) \end{cases} \quad A \rightarrow \max, B \rightarrow \min \quad (1)$$

Matematycznego wyrażenia, za pomocą którego można by było uzyskać zależność wydajności od naprężenia silników kolumny oraz długości wiórków, nie została znaleziona, ponieważ zmiana naprężenia silników kolumny nie powoduje proporcjonalnej zmiany wydajności. Można to wyjaśnić tym, że wydajność, przede wszystkim, zależy od procesów, które wpływają na przemieszczenie wiórków, i, jak przedstawiono w poprzednich rozdziałach, zależą od dużej liczby czynników. Przy czym należy zaznaczyć, że w procesie pracy operator zawsze znajduje tryb, który można nazwać ustalonym, przy którym były osiągnięte wyznaczone wskaźniki pracy stacji dyfuzyjnej przy różnych wielkościach naprężenia na wale silników kolumny, różnych wielkościach długości wiórków i przy różnych wartościach wydajności. W oparciu o powyższe, korzystając z danych testowych pracy stacji dyfuzyjnej, została sformowana matryca (tabela 1), za pomocą której można było ustalić, jaka wydajność a była charakterystyczna dla naprężenia silników kolumny v i długości wiórków d .

Tabela 1

Znaczenie wydajności w zależności od naprężenia silników kolumny i długości wiórku

		Długość wiórków				
		d_1	...	d_i	...	d_n
		Wydajność stacji dyfuzyjnej, ton				
Naprężenie silników kolumny	v_1	a_{11}	...	a_{1j}	...	a_{1n}

	v_j	a_{1j}	...	a_{ij}	...	a_{in}

	v_m	a_{1m}	...	a_{mi}	...	a_{mn}

W sposób analogiczny dla strat cukru przy przeróbce została sformowana matryca (tabela 2), która charakteryzowała straty cukru β w zależności od naprężenia silników kolumny v i długości wiórków d .

Tabela 2

Wartości strat cukru w zależności od naprężenia silników kolumny i długości wiórków

		Długość wiórków				
		d_1	...	d_i	...	d_n
		Straty cukru				
Napężenie silników kolumny	v_1	β_{11}	...	β_{1j}	...	β_{1n}

	v_j	β_{1j}	...	β_{ij}	...	β_{in}

	v_m	β_{1m}	...	β_{mi}	...	β_{mn}

Aby rozwiązać niniejsze zadanie można sformułowanie (1) zadania rozpatrzeć jako nieantagonistyczną grę dwumacierzową:

$$G = (N, \{X_i\}_{i \in N}, \{H_i\}_{i \in N}) \quad (2)$$

W której $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – zbiór graczy, X_i – zbiór strategii gracza i , H_i – funkcja wygranej gracza i .

Przyjmujemy proces przeróbki jako grę G , która ma dwie strony.

$$G = (X_{11}, X_{12}, H_{11}, H_{12}) \quad (3)$$

Jedna strona – zainteresowana zwiększeniem wydajności przy przeróbce, dla której zbiorem strategii jest zmiana napężenia silników kolumny $X_1 = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, druga strona – zainteresowana zmniejszeniem strat przy przeróbce, dla której zbiorem strategii jest zwiększenie długości wiórków $X_2 = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$. Funkcjami wygranej dla obu stron będą $H_1 = P(v, d)$ i $H_2 = C_2(v, d)$ odpowiednio dla wydajności i strat cukru przy przeróbce. Wtedy tabele wartości strat cukru przy przeróbce oraz wydajność przeróbki, w zależności od napężenia i długości wiórków, przybiorą postać matrycy gry G :

$$\begin{array}{c}
 H_1 = \begin{array}{c|ccccc}
 & d_1 & \dots & d_i & \dots & d_n \\
 \hline
 v_1 & a_{11} & \dots & a_{i1} & \dots & a_{n1} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 v_j & a_{1j} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{nj} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 v_m & a_{1m} & \dots & a_{im} & \dots & a_{nm}
 \end{array}
 &
 H_2 = \begin{array}{c|cccc}
 & d_1 & \dots & d_i & \dots \\
 \hline
 v_1 & \beta_{11} & \dots & \beta_{i1} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 v_j & \beta_{1j} & \dots & \beta_{ij} & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 v_m & \beta_{1m} & \dots & \beta_{im} & \dots
 \end{array}
 \end{array} \quad (4)$$

W celu znalezienia sytuacji równowagi w grach dwukwadratowych wykorzystują algorytm odrzucania ściśle dominujących strategii. W tym celu należy znaleźć dominujące rzędy macierzy H_1 i kolumny w macierzy H_2 , wyróżniając przy tym ściśle i słabe dominowanie.

Realizacja systemów zarządzania

Do celów prowadzenia procesu technologicznego najlepiej, aby był najdłuższy czas znajdowania się i największa długość wiórków. Ale wzrost długości wiórków zwiększa obciążenie aparatu i dlatego należy zmniejszyć ilość wiórków w aparacie, to jest albo skrócić czas ich znajdowania się, albo podawać grubsze wiórki. Z kolei podawanie grubszych wiórków (zmniejszenie długości) albo skrócenie czasu znajdowania się wiórków w aparacie powoduje zwiększenie strat cukru z wysłodkami.

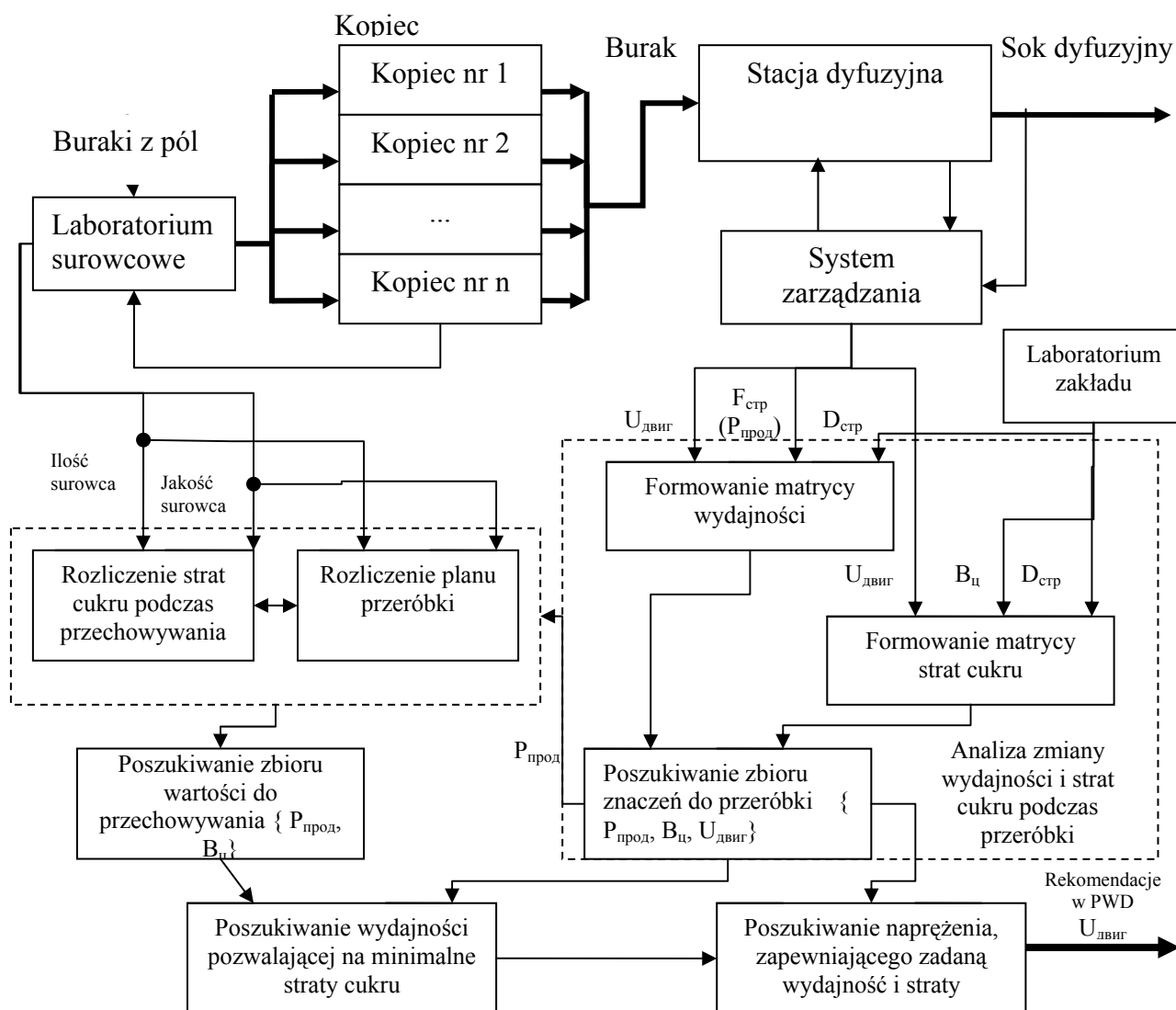
Wykorzystanie teorii gier przy obliczaniu optymalnej wydajności cukrowni pozwala na uwzględnienie strat cukru w okresie przechowywania oraz jej uzależnienie od: kolejności przeróbki każdej partii, temperatury otoczenia, wskaźników jakości surowca, a także uwzględnienie zmiany strat cukru podczas przeróbki przy zmianie wydajności, poprzez zmianę wskaźników geometrycznych wiórków i czasu znajdowania się wiórków w aparacie.

Analiza funkcji, które powinien pełnić model formowania rekomendacji do zarządzania wydajnością przeróbki, pozwoliła na wyodrębnienie następujących elementów, z których powinna składać się jego struktura:

- blok oceny stanu surowca, który dokonuje wyliczeń ewentualnych strat cukru podczas przechowywania surowca;
- blok wyliczenia planu podawania surowca na przeróbkę z uwzględnieniem wskaźników jakościowych surowca i strat cukru podczas przechowywania;
- blok wyliczenia wydajności przeróbki z uwzględnieniem strat surowca podczas przechowywania.

Postawione zadanie może zostać rozwiązane poprzez włączenia do składu Podsystemu wspomagania decyzji (PWD) modułu dodatkowego zarządzania wydajnością pracy stacji dyfuzyjnej (rys. 1).

Informacje dotyczące pracy stacji dyfuzyjnej wpływają do bloku analizy zmiany wydajności i strat cukru podczas przeróbki w zależności od naprężenia silników kolumny oraz długości wiórków. Przedmiotowy blok pełni funkcje poszukiwania takich wartości naprężenia silników kolumny, które umożliwią osiągnięcie maksymalnej wydajności i minimalnych strat cukru.



Rys 1 Schemat strukturalny zarządzania stacją dyfuzyjną z modułem zarządzania wydajnością stacji dyfuzyjnej ($U_{двиг}$ - napięcie wyjściowe, $P_{прод}$ - zakład dyfuzji wydajności, $F_{стр}$ - chipy wydatkowe, $D_{стр}$ - chipy długość, $B_{ц}$ - cukier straty)

Z laboratorium surowcowego informacje na temat ilości i stanu surowca, który wpłynął do przechowywania, są przekazywane do bloku wyliczenia strat cukru podczas przechowywania i bloku wyliczenia planu podawania surowca.

Dla każdej wartości wydajności są ustalane straty podczas przechowywania i starty podczas przeróbki, a także poszukiwana jest wydajność pozwalająca na minimalną sumę tych strat.

Dla zadanych wartości wydajności i strat podczas przeróbki poszukiwana jest wartość naprężenia wału silników kolumny.

Wnioski

Analiza efektywności pracy stacji dyfuzyjnej pokazuje, że podstawowym parametrem, który wpływa na ogólne straty cukru w procesie przechowywania i przeróbki buraków, jest wydajność. Odpowiednio do prowadzenia technologicznego procesu dyfuzji widać, że zmieniać wydajność stacji dyfuzyjnej można albo poprzez zmianę naprężenia silników kolumny, albo poprzez zmianę długości wiórków.

Podstawowe zadanie podczas zarządzania wydajnością stacji dyfuzyjnej będzie polegało na poszukiwaniu takich wartości naprężenia silników, które umożliwią osiągnięcie maksymalnej wydajności stacji dla obecnej długości wiórków pod warunkiem zachowaniu strat cukru podczas przechowywania, ww. zadanie zostało rozwiązane z wykorzystaniem teorii gier.

Literatura

1. W.M. Sidleckyj, System automatyczny prognozowania i wyboru wielokryterialnego w systemie zarządzania stacją dyfuzyjną cukrowni / W.M.Sidleckyj, I.W.Elperin // Cukier Ukrainy, 2011, nr 8(68), str.37 – 42
2. W.A.Kniazew, Odbiór i przechowywanie buraków cukrowych zgodnie z technologią progresywną / W.A.Kniazew; – M.: Przemysł lekki i przemysł spożywczy, 1984. – 200s.
3. A.S.Strekałowskyj, Gry dwumacierzowe i programowanie bilinearne / A.S.Strekałowskyj, A.W.Orłow; – M.: FIZMATLIT, 2007. – 224 s.