Моделиране на ресурсопотреблението в апарати при многостадийни технологии с и без препокриване на циклите и изчакване между стадиите

Д. Добруджалиев, Б. Иванов

Modeling of resursconsumption in apparatus in multystage technology with and without overlapping of cycles and waiting between stages: *We have developed mathematics model for management of resursconsumption in aparatus, have a multystage technologies. Many of the products by chemical, biochemical and food technologies go through different stages in different apparatus and equipment. In order to optimize the resursconsumption in these devices, in which time production cycles can overlap or not, but always waits between stages has developed this mathematics model. It is the basis for the development of appropriate software for the management of such production processes.*

Key words: *mathematical model, multystages technology, resursconsumption*

ВЪВЕДЕНИЕ

Многостадийните технологии са много разпространени при получаването на ппродукти и изделия в химическата, биохимическата и хранително-вкусовата промищленост. Обикновенно периодичният им характер и начинът за управление на отделните стадии предопределят тяхната оптимална промишлена реализация в апаратите, реализиращи съответната технология.

За единното им и ефективно управление е необходимо познаването на отделните стадии, факторите, които влияят върху тях, спецификата на оборудването и работните му характеристики и не на последно място времевото разпределение на отелните стадии[4]. Най-често това може да се осъществи с и без припокриване на циклите, с или без изчакване между стадиите. За целта е необходимо определянето на времевите характестики, коефициентите на ресурсопотребление и размерните фактори за всеки един от стадиите.

ЦЕЛ

Целта на представената разработкаа е да се създаде математичен модел за описанието на ресурсопотреблението в апарати, реализиращи многостадиини теххологии с и без припокриване на циклите, но с изчакване между стадиите. Този модел да послужи за разработване на подходящо програмно осигуряване за опитмалното управление на промишлени производствени процеси.

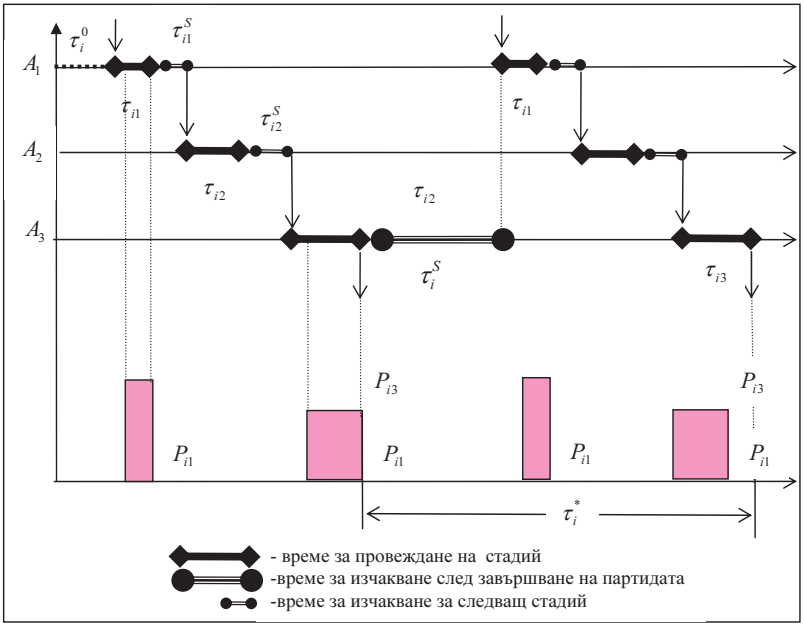
ИЗЛОЖЕНИЕ

Предполага, че стадиите на технологията се осъществяват последователно във времето в различни физически апарати от производствената система. Допуска се, че след завършването на процесите във всеки един от тях (или в част от тях) материалът може да престои известно време в оборудването преди прехвърлянето му в следващия апарат за провеждане на следващия стадий. За всеки един от стадиите са зададени времевите характеристики, коефициентите на ресурсопотребление и размерните фактори.

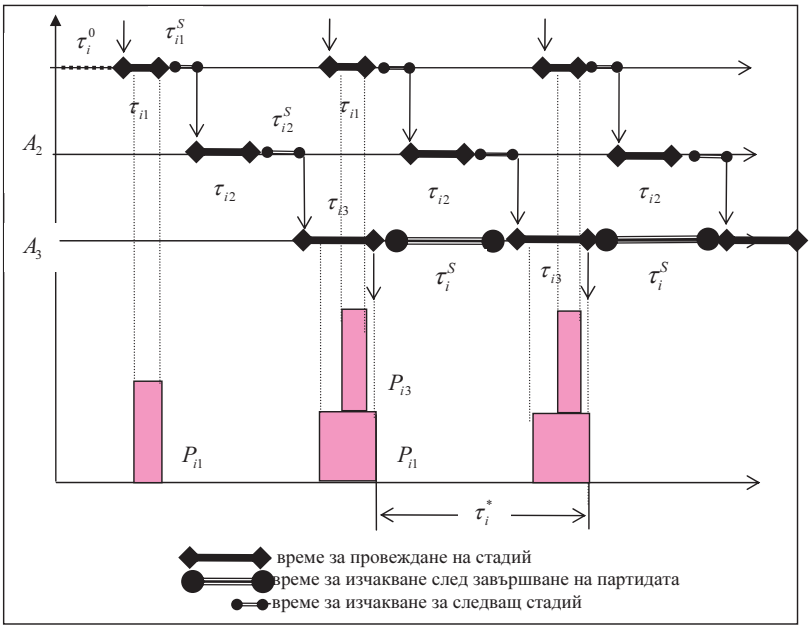
На Фиг.1 е представена времевата диаграма на Гант за технология състояща се от 3 стадия работеща в режим без препокриване на циклите, а на фиг.2 за такава с препокриване на циклите. Процесът е периодичен с период на повторяемост равен на[1,2]:

$$\tau_i^* = \sum_{j \in J_i} \left(\sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} + \tau_{ij}^S \right) \qquad (1)$$

където τ_{ij}^{S} е времето на изчакване до началото на всеки следващ стадий, а τ_{ijp} времетраенето на процеса в съответния стадий от производството



Фиг.1. Диаграма на Гант за технология от три стадия без препокриване на циклите



Фиг.2. Диаграма на Гант за работа на тристадийна технология с препокриване на циклите

Необходимостта от въвеждане на времето на изчакване обикновено е продиктувана от технологични съображения. Времената на изчакване между стадиите се въвеждат като управляващ параметър при търсене на условия, които осигуряват най-добро натоварване на ресурсоосигурителните системи.

При работа на производството в режим с препокриване на циклите процесът също е периодичен с период:

$$\tau_i^* = MAX_{j \in J_i} \left\{ \sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} + \tau_{ij}^S \right\}. \qquad (2)$$

Периодичността на процесите (зависимости (1) и (2)) позволява използването на апаратът на разлагане в ред на Фурие[3], за да се получи в аналитичен вид функцията на изменение на мощността на натоварване на ресурсоосигурителната система във времето за j-тия стадий на i-тата технология по отношение на w-тия ресурс:

$$P_{ijpw}(\tau) = \frac{A_{ijpw}^0}{2} + \sum_K \left(A_{ijpw}^K . \sin\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \left(\tau - \tau_{ijp}^{shift} \right) \right) \right) + \sum_K \left(B_{ijpw}^K . \cos\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \left(\tau - \tau_{ijp}^{shift} \right) \right) \right), \ \forall i, j, p, w, \qquad (3)$$

където, времето на изместване е :

$$\tau_{ijp}^{shift} = \tau_i^0 + \sum_{j=1}^{j} \left(\sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} + \tau_{ij}^s \right) + \sum_{p=1}^{P} \tau_{ijp} - \tau_{ij1} - \left(\sum_{p \in P_1} \tau_{ijp} + \tau_{ij}^s \right), \quad \forall i, j, p \ , \qquad (4)$$

а коефициентите на Фурие $A_{ijpw}^0, A_{ijpw}^k, B_{ijpw}^k$ се определят:

$$A_{ijpw}^0 = \frac{2.e_{ijpw}}{\tau_i^*}$$

$$A_{ijpw}^k = \frac{e_{ijpw}}{\pi k \tau_{ij}} \sin\left(\frac{2\pi k \tau_{ijp}}{\tau_i^*} \right), \qquad (5)$$

$$B_{ijpw}^k = \frac{e_{ijpw}}{\pi k \tau_{ij}} \cos\left(\frac{2\pi k \tau_{ij}}{\tau_i^*} \right)$$

$$\tau_{ij} = \sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} \ ,$$

e_{ijpw} е количеството ресурс от w-тия тип, консумирано от *p*-тия процес на *j*-тия стадий необходимо за производство на единица продукт от i-тата технология.

K - е номера на хармоника от разложението в ред на Фурие

След преобразувания функцията за изменение на мощността във времето е:

$$P_{ijpw}(\tau) = \frac{A_{ijpw}^0}{2} + \sum_K \left[A_{ijpw}^{k*} \sin\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right] + \sum_K \left[B_{ijpw}^{k*} \cos\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right], \ \forall i, j, w \qquad (6)$$

където,

$$A_{ijpw}^{k*} = A_{ijpw}^{k} \cos\left(\frac{2\pi K \tau_{ijp}^{shift}}{\tau_i}\right) + B_{ijpw}^{k} \sin\left(\frac{2\pi K \tau_{ijp}^{shift}}{\tau_i}\right) \quad \text{за } \forall k, \tag{7}$$

$$B_{ijpw}^{k*} = B_{ijpw}^{k} \cos\left(\frac{2\pi K \tau_{ijp}^{shift}}{\tau_i}\right) - A_{ijpw}^{k} \sin\left(\frac{2\pi K \tau_{ijp}^{shift}}{\tau_i}\right) \quad \text{за } \forall k. \tag{8}$$

Функцията за натоварване на външната система, захранваща с w-тия вид ресурс за единица краен продукт е:

$$P_{iw}(\tau) = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_{ij}} P_{ijpw}(\tau), \tag{9}$$

В стандартен вид тя се записва като:

$$P_{iw}(\tau) = \frac{A_{iw}^{0}}{2} + \sum_{K} \left(A_{iw}^{K^*} \sin\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*}\tau\right)\right) + \sum_{K} \left(B_{iw}^{K^*} \cos\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*}\tau\right)\right) \tag{10}$$

където,

$$A_{iw}^{0} = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(\frac{2e_{ijpw}}{\tau_i^*}\right), \tag{11}$$

$$A_{iw}^{K^*} = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(A_{ijpw}^{K^*}\right), \tag{12}$$

$$B_{iw}^{K^*} = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(B_{ijpw}^{K^*}\right). \tag{13}$$

Необходимата точност, определяща се от броя на хармониците включени в реда на Фурие се представя от аналитична зависимост за описание на натоварването на системата за w-тия ресурс.

При реализирането на технологията от конкретни апарати в химико-технологичната система мощността, с която се натоварва съответната външна захранваща система е:

$$P_{iw}^{S}(\tau) = B_i P_{iw}(\tau), \quad \forall w, i \tag{14}$$

където,

$$B_i = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{v_{ij}}{S_{ij}} \right\}, \quad \forall i \tag{15}$$

е размерът на партидата за i-тата технология, определен от работените обеми v_{ij} на използваните апарати в ХТС.

Зависимостта на мощността по отношение на дадена външна система, доставяща ресурс-*w* при реализиране на някоя технология-*i* в конкретни апарати от ХТС има вида:

$$P_{iw}^{S}(\tau) = P_{iw}^{const} + P_{iw}^{\text{var}}, \quad \forall w, i \tag{16}$$

където,

$$P_{iw}^{const} = B_i \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in Pj} \left(\frac{e_{ijpw}}{\tau_i^*}\right), \tag{17}$$

$$P_{iw}^{\text{var}}(\tau) = B_i \sum_K \left(A_{iw}^{K^*} \sin\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right) + B_i \sum_K \left(B_{iw}^{K^*} \cos\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right). \quad (18)$$

Съставката P_{iw}^{const} от (17) представлява средната стойност на мощността. Реалната крива ще осцилира около нея.

Общото количество ресурс от даден тип за една партида е:

$$E_{iw} = \int_0^{\tau_i^*} P_{iw}^S(\tau) d\tau = \tau_i^* P_{iw}^{const}, \quad \forall w, i \quad (19)$$

Колебателността около постоянната съставка (19) се определя от променливата съставка (20). Критерият за колебателност може да се изчисли с помощта на израза за съответния вид ресурс:

$$J_{iw} = \frac{\int_0^{\tau_i^*} \left| P_{iw}^{\text{var}}(\tau) \right| d\tau}{\tau_i^* P_{iw}^{const}} .100\% . \quad (20)$$

В случаите, когато кривата на изменението на мощността на даден вид е с минимални отклонения от постоянната съставка то J_{iw} са малки и в случай на постоянно натоварване $J_{iw} \to 0$.

И при този случай математически модел (16) на описание на изменение на мощността на потребление по отношение на даден тип ресурс за цялото производство може да бъде използван за целите на анализа, управлението и синтеза. Кривата на изменение на мощността зависи от следните независими променливи:

1. *Размер на партидата* B_i. Стойността на B_i, се определя в зависимост от работните обеми на използваните апарати в съответната технология. В много от случаите обаче е допустима по-малка степен на запълване на апаратите, което води и до работа с по-малки партиди. Тогава размерът на партидата като независима променлива трябва да бъде в границите: $B_i^{\min} \le B_i \le B_i^{\max}$

   $$B_i^{\min} = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{V_{ij}^{\min}}{S_{ij}} \right\}, \quad \forall i \ , \ B_i^{\max} = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{V_{ij}^{\max}}{S_{ij}} \right\}, \quad \forall i$$

2. *Времето за изчакване между процесите* τ_{ijp}^S. Те се лимитират от ограниченията за изпълнение на зададена производствена програма при зададен планов хоризонт H_i. При зададен производствен план, променливите τ_{ijp}^S трябва да удовлетворяват неравенството: $G_i \le \left\lfloor \frac{H_i}{\tau_i^*} \right\rfloor B_i$, където τ_i^* се определя съгласно изискванията за работа в режим без препокриване на циклите или за случая на работа с препокриване на циклите. G_i представляващ количеството, което трябва да бъде произведено за време H_i.

3. *Време за отместване началото на дадено производство спрямо началото на отчитане* τ_i^0. Тази независима променлива се отчита спрямо

едно базово производство. Тя може да бъде в допустимите граници: $0 \le \tau_i^0 \le \tau_i^*$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е математичен модел за ресурсопотреблението при многостадийни технологии с и без припокриване на циклите и с изчакване между отделните стадии. Този математичен модел може да се използва за разработване на подходящо програмно осигуряване в такива производствени системи.

ЛИТЕРАТУРА

[1] B. Ivanov, Vaklieva-Bancheva N., Boyadjiev Chr., Optimal Load of Energy Supply Systems (ESS) During the Performance of Multipurpose Chemical Plants , Hungarian J. of Industrial Chemistry, Volume 18, No.1, pp 55-66, 1990.

[2] Добруджалиев, Д., Б. Иванов, Математичен модел за управление на ресурсопотреблението на многостадийна технология в апарати с и без припокриване на циклите и без изчакване между стадиите, Научни трудове на РУ"Ангел Кънчев", ISNN 1311-3321, том 50, сер. 9.1, 121-126, 2011.

[3] N. G. Vaklieva-Bancheva, E.G. Shopova, B.B. Ivanov Application of Fourier Transformation for Waste Minimization in Batch Plants. 1. Analysis of Production Recipes. Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Volume, 30, pp 199-206, 2002

[4] Patric S. Bieler, Ulrich Fischer, and Konrad Hungerbühler, Modeling the Energy Consumption of Chemical Batch Plants: Bottom-Up Approach, Ind. Eng. Chem. Res., 43 (24), 7785 -7795, 2004.

За контакти:
доц. д-р инж. Др. Добруджалиев, e-mail :DragoDob@yahoo.com

Докладът е рецензиран.