

Математичен модел за управление на ресурсопотреблението на многостадийна технология в апарати с и без препокриване на циклите и без изчакване между стадиите

Д. Добруджалиев, Б. Иванов

Abstract: Development of mathematical models provide the opportunity for the study of systems by means of numerical experiments. In this work was offered a mathematical model for management of resursconsumption of multistages technology in apparatus with and without duplicating the work cycles without waiting between individual stages. It can be used for analysis and synthesis of new production systems, as well as to conduct the optimization procedures already working proceedings.

Key words: mathematical model, resursconsumption, multistages technology

ВЪВЕДЕНИЕ

В редица производства на химическата, биохимическа и хранително-вкусовата промишленост се реализират многостадийни технологии. При тях строго се дефинират и управляват отделните стадии, като от изключително значение е управлението на необходимите ресурси. Тези ресурси са точно регламентирани в технологичния режим и всички отклонения от стандартните режимни параметри оказват негативно значение върху производствения цикъл и се отразяват върху качеството на крайния целеви продукт.

В многостадийните технологии е възможно да се осъществява определено изчакване при последователното преминаване от стадий в стадий, но е възможно такова изчакване и да отсъства. Така отделните стадии на технологията се извършват последователно във времето в различни производствени единици (машини или апарати), включени в единната производствена система.

В периодичните производствени системи производствения цикъл е строго регламентиран по време и е възможно да се реализира с и без припокриване на циклите [4]. Възможно е да се осъществява и изчакване до началото на всеки стадий, което се обуславя от технологични съображения.

ЦЕЛ

Целта на настоящата работа е да се разработи математичен модел за управление на ресурсопотреблението на многостадийни технологии с и без припокриване на циклите и без изчакване между стадиите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

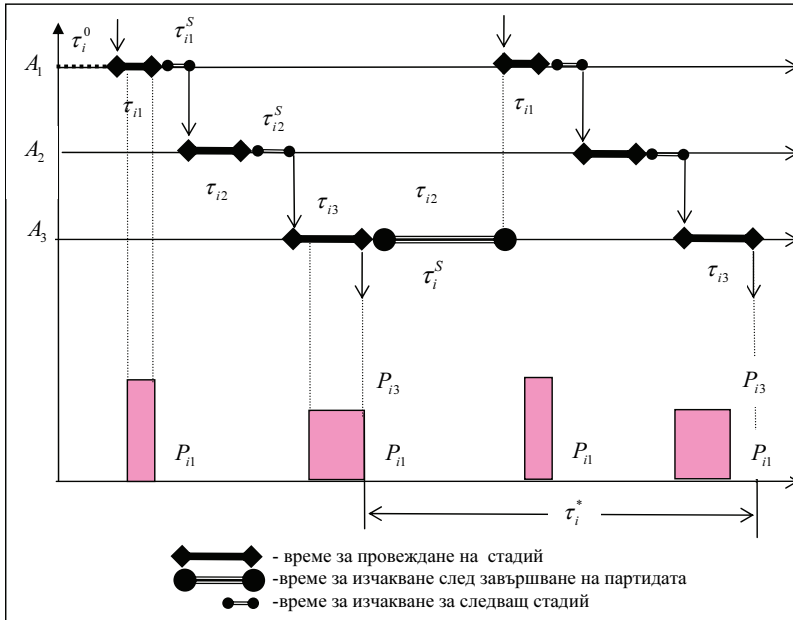
Предполага се, че стадиите на технологията се осъществяват последователно във времето в различни физически производствени единици (машини или апарати). Допуска се, че след завършването на процесите във всяка единица (или в част от нея) материалът може да престои известно време в оборудването преди прехвърлянето му в следващия апарат за провеждане на следващия стадий. За всеки един от стадиите са зададени времевите характеристики, коефициентите на ресурсопотребление и размерните фактори [2].

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 такова с препокриване на циклите.

Процесът е периодичен [1] с период на повторяемост равен на:

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

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



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

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

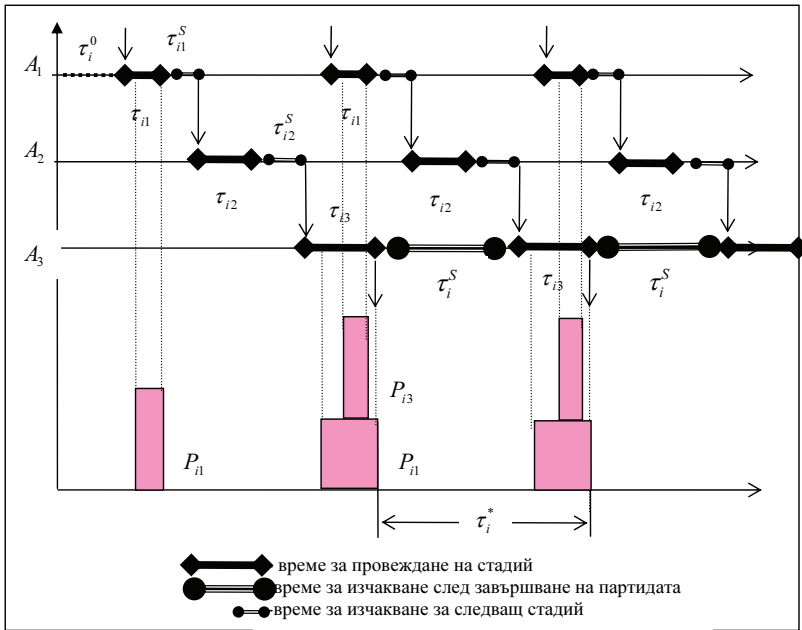
$$\tau_i^* = \text{MAX}_{j \in J_i} \left\{ \sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} + \tau_{ij}^S \right\} \quad (2)$$

Периодичността на процесите (зависимост (1) или (2)) позволяват да се използва 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:

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

където, времето на изместване е:

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



Фиг.2. Диаграма на Гант за случая на работа в режим с прекриване на циклите.

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

$$A_{ijpw}^0 = \frac{2e_{ijpw}}{\tau_i^*}, A_{ijpw}^k = \frac{e_{ijpw}}{\pi k \tau_{ij}} \sin\left(\frac{2\pi k \tau_{ij}}{\tau_i^*}\right), B_{ijpw}^k = \frac{e_{ijpw}}{\pi k \tau_{ij}} \cos\left(\frac{2\pi k \tau_{ij}}{\tau_i^*}\right), \tau_{ij} = \sum_{p \in P_j} \tau_{ijp} \quad \left. \right\} \quad (5)$$

където 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 и K - е номера на хармоника от разложението в ред на Фурие.

След преобразувания функциите на изменение на мощността във времето са:

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

където,

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

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

$$P_{iw}(\tau) = \sum_{j \in J} \sum_{p \in P_j} P_{ijpw}(\tau), \quad (8)$$

а в стандартен вид се записва както следва:

$$P_{iw}(\tau) = \frac{A_{iw}^0}{2} + \sum_K \left(A_{iw}^{k*} \sin\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau\right) \right) + \sum_K \left(B_{iw}^{k*} \cos\left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau\right) \right) \quad (9)$$

където,

$$A_{iw}^0 = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(\frac{2e_{ijpw}}{\tau_i^*} \right), \quad A_{iw}^{K^*} = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(A_{ijpw}^{K^*} \right), \quad B_{iw}^{K^*} = \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(B_{ijpw}^{K^*} \right), \quad (10)$$

Точността се определя от броя на хармониците в реда на Фурие и 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:

$$P_{iw}^S(\tau) = B_i P_{iw}(\tau), \quad \forall w, i \quad (11)$$

където,

$$B_i = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{v_{ij}}{S_{ij}} \right\}, \quad \forall i \quad (12)$$

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

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

$$P_{iw}^S(\tau) = P_{iw}^{const} + P_{iw}^{var}, \quad \forall w, i \quad (13)$$

където,

$$\left. \begin{aligned} P_{iw}^{const} &= B_i \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P_j} \left(\frac{e_{ijpw}}{\tau_i^*} \right) \\ P_{iw}^{var}(\tau) &= B_i \sum_K \left(A_{iw}^{K^*} \sin \left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right) + B_i \sum_K \left(B_{iw}^{K^*} \cos \left(\frac{2\pi K}{\tau_i^*} \tau \right) \right) \end{aligned} \right\}, \quad (14)$$

Съставката P_{iw}^{const} от (14) представлява средната стойност на мощността. Реалната крива ще осцилира около нея.

Общото количество ресурс от даден тип за една партида е:

$$E_{iw} = \int_0^{\tau_i^*} P_{iw}^S(\tau) d\tau = \tau_i^* P_{iw}^{const}, \quad \forall w, i \quad (15)$$

Колемателността около постоянната съставка P_{iw}^{const} (14) се определя от променливата съставка $P_{iw}^{var}(\tau)$ (14). Критерият за колебателност може да се изчисли с помощта на израза за съответния вид ресурс:

$$J_{iw} = \frac{\int_0^{\tau_i^*} |P_{iw}^{var}(\tau)| d\tau}{\tau_i^* P_{iw}^{const}} \cdot 100\%. \quad (16)$$

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 $J_{iw} \rightarrow 0$.

И при този случай математически модел (13) на описание на изменение на мощността на потребление по отношение на даден тип ресурс за цялото производство може да бъде използван за 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 с помощта на (17),. В много от случаите обаче е допустима по-малка степен на запълване на апаратите, което води и до работа с по-малки партиди. Тогава размера на партидата като независима променлива трябва да бъде в границите:

$$B_i^{\min} \leq B_i \leq B_i^{\max}, B_i^{\min} = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{V_{ij}^{\min}}{S_{ij}} \right\}, \forall i, B_i^{\max} = \min_{j \in J_i} \left\{ \frac{V_{ij}^{\max}}{S_{ij}} \right\}, \forall i \quad (17)$$

2. Времето за изчакване между процесите τ_{ijp}^S . се лимитират от ограничението за изпълнение на зададена производствена програма за зададен планов хоризонт H_i . При зададен производствен план, променливите τ_{ijp}^S трябва да удовлетворяват неравенството:

$G_i \leq \left\lfloor \frac{H_i}{\tau_i^*} \right\rfloor B_i$, където τ_i^* се определя съгласно (1) при работа в режим без прекриване на циклите или чрез (2) за случая на работа с прекриване на циклите, а 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. Тази независима променлива може да бъде в допустимите граници: $0 \leq \tau_i^0 \leq \tau_i^*$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е математичен модел за управление на ресурсопотреблението на многостадийна технология с и без припокриване на циклите и без изчакване между отделните стадии. Този математичен модел може да се използва за анализ и синтез на нови периодични производствени системи с многостадийни технологии, както и за оптимизиране на работещи многопродуктови производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Ivanov, Vaklieva-Bancheva N., Boyadjiev Chr., Optimal Load of Energy Supply Systems (ESS) During the Performance of Multipurpose Chemical Plants, Hungarian Journal of Industrial Chemistry, Volume 18, No.1, pp 55-66, 1990.
2. Bieler, P. S., Fischer, U (2003). "Modelling the Energy Consumption of Chemical Batch Plants - Top-Down Approach." Ind. Eng. Chem. Res., 42, pp.6135-6144.
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, 2002, 30, pp 199-206.
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. Драгомир Добружалиев, Университет "Проф. д-р Асен Златаров",
Бургас, E-mail: dragodob@yahoo.com
Доц. д-р. Боян Иванов, Институт по инженерна химия - БАН,
София, ул. Акад. Г. Бончев, блок 103, E-mail: bivanov@bas.bg

Докладът е рецензиран