

Інтегрована модель виробничої системи

Розроблено інтегровану модель виробничої системи, що включає задачі управління рухом матеріально-потокowego середовища в просторово-часових координатах та забезпечення необхідними ресурсами виконання елементарних післяопераційних потоків.

The integrated model of the production system is developed, that includes the tasks of traffic control of material stream environment in space-time co-ordinates and providing by the necessary resources of implementation of elementary after operation streams.

***Ключові слова:** виробнича система, інтегрована модель, управління матеріальним потоком.*

Вступ. Виробнича система (ВС) є складною економічною системою, створеною для задоволення потреб і запитів потенційних споживачів за допомогою виготовлених товарів і послуг та отримання на цій основі економічної вигоди. Найважливішими операційними функціями ВС є маркетинг, виробництво і збут виготовленої продукції, характеризується динамічністю, просторово-часовим розподілом великого числа змінних параметрів, тісним їх взаємозв'язком, ієрархічністю структури, наявністю зворотних інформаційних і матеріальних зв'язків. ВС - це кібернетична система, що функціонує в умовах невизначеності в багатовимірному просторі обмежень по всіх ресурсах і знаходиться під впливом випадкових збурень.

Виробничо-економічні системи відносяться до класу великих (складних) систем, дослідження яких ведуться у різних напрямках з метою підвищення ефективності їх функціонування.

Проблеми підвищення ефективності функціонування і управління виробництвом стають особливо актуальними в умовах ринкової економіки [1, 2, 4, 5]. Ефективною в цих умовах вважається система, що виготовляє конкурентоздатну продукцію, збут якої забезпечує отримання прибутку. Норма прибутку розглядається при цьому основним комплексним показником ефективності функціонування, аналіз якого дозволяє вирішувати задачі планування і оперативного управління [3, 6]. Планування обсягів випуску

продукції в багатомноменклатурному виробництві залежить від стану ринків, прибутковості продукції і обмежується можливостями підприємства.

Постановка завдання. Основна задача моделювання полягає у вивченні і опису поведінки ВС як складного об'єкту управління, що розглядається як система забезпечення руху предметів праці, виявленні характеристик системи управління, в аналізі основних підсистем на основі операційного підходу і всієї системи в цілому при взаємодії підсистем із зовнішнім середовищем та іншими підсистемами в процесі досягнення основних цілей функціонування, а також в розробці теоретичних основ моделювання, ухвалення рішень і створення інструментальних засобів для автоматизації управління шляхом застосування моделей і алгоритмів, що забезпечують вибір ефективних рішень.

Результати. Опис матеріально-виробничої системи враховує властивості об'єкту управління, пов'язані з просторово-часовою динамічною природою його параметрів. Розглянемо концептуальне представлення виробничої системи, що описує процес виробництва в спрощеній формі (рис. 1).

Процес виробництва є післяопераційною системою матеріальних потоків, управління рухом цих потоків здійснюється в структурних підрозділах виробничої системи (ВС) шляхом виділення необхідної кількості ресурсів, що дозволяють виконувати відповідні операції над партіями деталей.

На рис. 1 представлена *M*-зона матеріальних вхідних потоків, які проходять звичайно через накопичувачі вхідних матеріалів або склади, *D*-зона післяопераційних технологічних маршрутів обробки деталей. В даному випадку овалами зображені узагальнені операції або групи технологічних операцій, виконуваних в межах одного виробничого підрозділу, наприклад виробничої ділянки. Ланцюжки узагальнених операцій – це маршрути обробки деталей відповідно до технологій (вони відображені в агрегованій формі, на рівні узагальнених операцій). *P*-зона потоків готових виробів, які також проходять через систему складів готових виробів підприємства, що здійснюють відвантаження продукції постачальникам.

Під час переходу матеріальних потоків із зони *M* в зону технологічних маршрутів *D* розв'язується задача розподілу матеріальних потоків по технологічних маршрутах обробки деталей. В даному випадку представлений самий загальний випадок, коли один матеріал може бути використаний на виробництво декількох деталей і для виробництва однієї деталі потрібно декілька видів матеріалів.

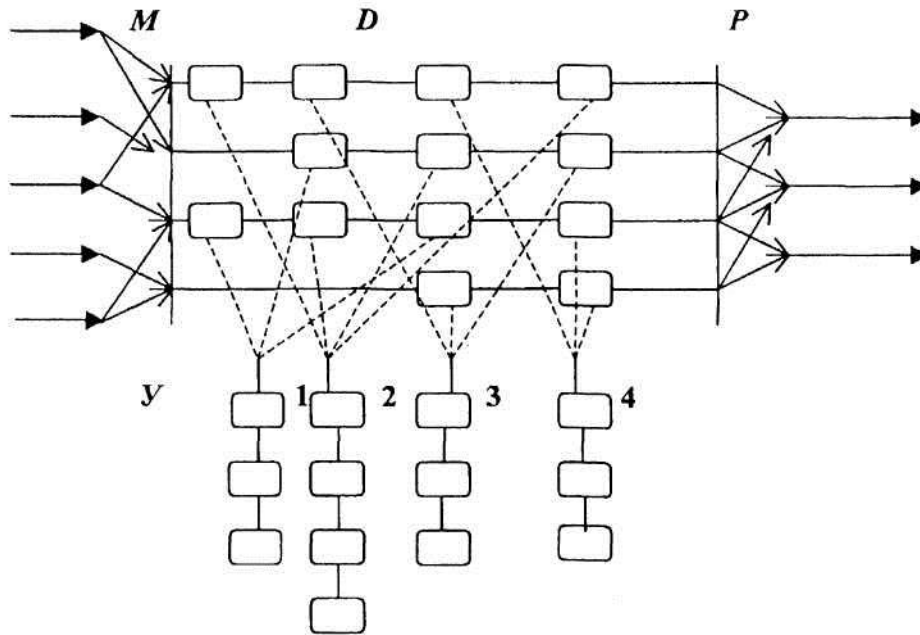


Рис. 1. Спрощене представлення виробничої системи

При переході із зони D в зону P готових виробів розв'язується задача забезпечення процесу виготовлення виробів з деталей, що виготовляються на технологічних маршрутах. Зв'язок між зонами D і P також допускає повну залежність між номенклатурою деталей і виробів. Узагальнені операції, пов'язані в зоні D маршрутами над партіями деталей, здійснюються в структурних підрозділах.

Прив'язка операцій до структурних підрозділів обумовлена особливостями технології і організації виробництва на конкретному підприємстві і в даному випадку фіксована.

На рис. 1 для простоти в зоні U показано чотири виробничі ділянки, в яких відбувається обробка деталей на узагальнених операціях.

Прив'язка узагальнених операцій до конкретних ділянок зображена штриховими лініями. Таким чином, в зоні U овалами зображені узагальнені операції, які є номенклатурою відповідної виробничої ділянки. Між зонами D і U існує лінійне перетворення, що дозволяє перегрупувати операції, над якими здійснюється управління, з форми маршрутної впорядкованості (зв'язаності) у форму номенклатурної впорядкованості по первинних структурних підрозділах, тобто ділянках.

Описана структура моделі, дає можливість шляхом введення в зонах M , D , P системи моделей, що описують процес руху матеріального середовища від

входу підприємства до виходу, використання відповідних змінних стану, що мають фізичний сенс потоку і густини (незавершеного розподіленого виробництва), вивчати поведінку виробничого потоку в середовищі узагальнених операцій, визначених на маршрутному просторі і в календарному часі.

Існування виробничого потоку в зонах M, D, P обумовлено можливістю виконання операцій в структурних підрозділах підприємства. У зв'язку з цим розглянута модель на основі переходу від зони D до U і використання відповідного лінійного перетворення визначає стан потокової моделі в розрізі номенклатури виробничих ділянок, і виходячи з цього може бути одержаний розв'язок задачі забезпечення операцій, що вимагають збільшення темпу виробництва, необхідними ресурсами. Перетворення інформації про стан виробництва з потокової форми в зонах M, D, P в зону U ставить задачу забезпечення операцій необхідними виробничими ресурсами (праця, основний капітал, запаси предметів праці).

Для формального опису процесу виробництва як просторово-часової динамічної системи введемо відповідні системи координат: просторову координату - X , відповідно до якої визначається місцезнаходження узагальненої операції на технологічному маршруті, і координату часу t , яка визначає стан виробництва з часом на всьому маршруті X . Мірою довжини в системах оперативно-виробничого управління є величина нормативної тривалості обробки партії деталей в одиницях часової трудомісткості, частіше всього в днях. Отже, значення координати X для узагальненої операції показує її часову віддаленість від кінця технологічного маршруту.

Враховуючи багатовимірність потоків, розглянемо систему узагальнених просторово-часових векторних змінних стану виробництва:

Q - узагальнений просторово-часовий потік предметів праці, в загальному випадку залежний від аргументів X і t ;

R - узагальнена функція розподілу незавершеного виробництва (густина потоку) по технологічному маршруту залежно від X і t ;

B - просторово-часовий потік післяопераційних виробничих втрат (брак, пропажі, технологічні руйнування тощо);

Z - функція, що характеризує порушення виробничого ритму (нестандартні ситуації, поломки устаткування, невихід робітника, відсутність ресурсів тощо), має розмірність величини потоку, але береться з протилежним

знаком;

N - функція, що описує величину виробничих запасів, має просторово-часовий розподіл по технологічному маршруту (складські запаси);

Q, R - змінні стану виробництва (потік і запаси), на основі яких будується управління;

B, Z - чинники збурення, компенсація впливу яких на параметри виробничого потоку пов'язана з управлінням на основі виробничих ресурсів;

U - управляюча дія, направлена на компенсацію впливу виробничих збурень. Реалізується за рахунок використання виробничих ресурсів (виробничих запасів, основного капіталу).

Для опису багатовимірної (багатопродуктової) моделі задамо систему векторних базисів, в яких надалі будуть визначені змінні Q, R, B, Z, U (рис. 2):

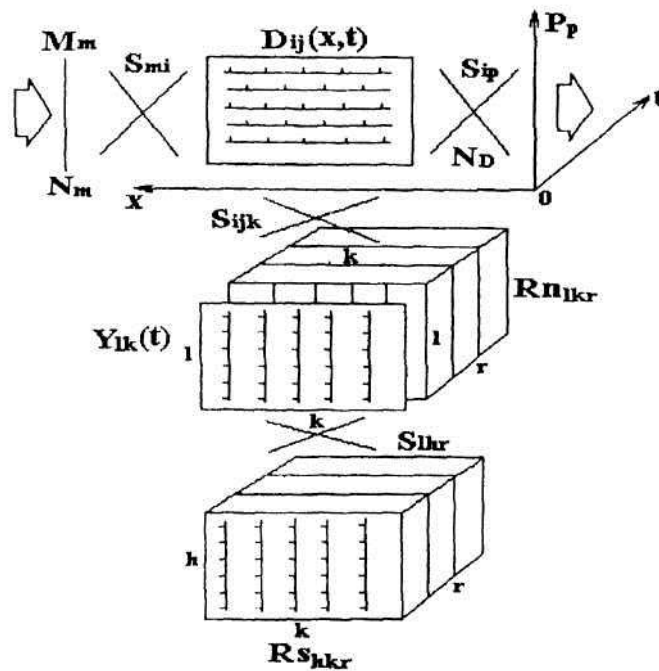


Рис. 2. Виробничий процес як просторово розподілена динамічна система

$M_m(t)$ - кінцевий базис вхідних матеріальних потоків предметів праці, m - індекс матеріально-номенклатурної позиції;

$D_{ij}(x,t)$ - кінцевий базис виробничих потоків предметів праці на технологічних маршрутах, i - індекс маршруту, співпадаючий, як правило, з номером деталі, j - індекс узагальненої операції на технологічному маршруті, що характеризує її порядковий номер відповідно до технології;

$P_p(t)$ - кінцевий базис вихідних продуктів виробничої системи (виробів),
 p - індекс номера виробу;

$P_p(t), S_{mi}, S_{ip}$ - лінійні перетворення (матриці), що пов'язують системи потокових змінних стану виробництва Q, R, B, Z, U при переході від базисів M до D і від D до P відповідно;

S_{mi} - матриця використання матеріалів в деталях (технологічні норми використання);

S_{ip} - матриця використання деталей у виробках (конструкторська специфікація);

N_m, N_D - вектори складських запасів матеріалів і деталей;

φ_{lk} - кінцевий базис стану виробництва в значенні змінних Q, R, B, Z, U на узагальнених операціях, згрупованих по виробничих підрозділах, k - індекс номера структурного підрозділу (наприклад ділянки), l - порядковий номер операції на ділянці;

S_{ijk} - лінійне перетворення, що забезпечує перегрупування змінних стану узагальнених операцій від маршрутної впорядкованості до структурної;

$R_{n_{lkr}}$ - узагальнена матриця післяопераційних норм витрати ресурсів на виконання операцій, по індексах l, k вона подібна φ_{lk} ;

r - індекс номера виду ресурсів (наприклад, $r = 1$ - трудові ресурси, $r = 2$ - основні ресурси);

$R_{s_{hkr}}$ - кінцевий базис стану ресурсних змінних, h - індекс ресурсної змінної даного виду (наприклад, для $r = 1$, h - табельний номер робітника, для $r = 2$, h - індекс номера верстата);

S_{lhk}^k - лінійне перетворення, що встановлює відповідність при фіксованому k (ділянки) між узагальненими операціями і значеннями ресурсів;

S_{lh} - елементарні матриці, що встановлюють зв'язок між операціями ділянки і їх виконавцями.

Введена структура моделі матеріально-виробничої системи є спрощеною, проте включає важливі характерні риси такої системи і дозволяє розглянути основні задачі управління виробництвом як динамічною розподіленою системою. Базиси M_m і P_p в загальному випадку можуть залежати від X і t , в

даному випадку для простоти залежність від X опущена.

Слідуючи класичному для теорії управління підходу, після визначення структури моделі і основних груп змінних стану, управління, збурення, задамо функціонально основні залежності, на основі яких можна говорити про постановку динамічної задачі управління виробництвом.

Виділимо задачу управління рухом матеріально-потокового середовища в просторово-часових координатах (як зміну базисів $M_m(t)$, $D_{ij}(x,t)$, $P_p(t)$), називаючи далі цю задачу - макроуправлінням. В оперативно-виробничих системах управління даній задачі відповідає міжцехове управління.

Друга задача - це забезпечення виконання елементарних післяопераційних потоків, обчислених на макрорівні, необхідними ресурсами. Називатимемо далі цю задачу локальним управлінням. В оперативно-виробничих системах управління це внутрішньоцехове або дільничне управління. Внаслідок того, що інтереси задачі макроуправління і локального управління можуть в загальному випадку не співпадати, то неминуче виникає задача зв'язаного сумісно-глобального управління.

Далі запишемо в загальному вигляді основні функціональні співвідношення, що визначають можливий варіант постановки задач управління виробництвом.

Економіко-математична модель задачі макроуправління в загальному вигляді може бути представлена за допомогою наступних компонентів.

Модель об'єкту

$$\begin{cases} Q_p(t) = f_1(S_{ip}, Q_D(x,t), N_D(t)), \\ Q_{D2}(t) = f_2(Q_D(x,t), R_D(x,t), B_D(x,t), Z_D(x,t), U_D(x,t)), \\ Q_{D1}(t) = f_3(S_{mi}, Q_m(t), N_m(t)) \end{cases} \quad (1)$$

описує динаміку матеріальних потоків в інтегральній формі (по просторовій координаті) залежно від рівня запасів, характеристик потоків, чинників збурення і управління.

Алгоритм управління матеріальними потоками залежно від параметрів потоків і чинників збурення може бути представлений у вигляді

$$U_D(x,t) = f_4(Q_D(x,t), R_D(x,t), B_D(x,t), Z_D(x,t)). \quad (2)$$

Макроекономічний критерій виробничої системи залежно від величини матеріальних ресурсів і рівнів чинників збурення має вигляд

$$J_{\mu} = F_1(T_P, T_D, H_D, B_D, Z_D, N_D, N_M), \quad (3)$$

де T_P - обсяг товарної продукції за період управління $(0, t_k)$;

T_D - товарна продукція, що знімається з узагальнених операцій по маршруту за період управління $(0, t_k)$;

H_D - обсяг незавершеного виробництва в узагальнених одиницях вимірювання, що визначаються системою ваг p_D (ціни), за період управління;

$$T_P = \int_0^{t_k} Q_P(x, t) dt, \quad T_D = \int_0^{t_k} Q_D(x, t) dt, \quad H_D = \sum_{i,j} \int_0^{t_k} p_D R_D(x, t) dt. \quad (4)$$

Локальне управління для структурного підрозділу y як задача відшукування сумісних множин операцій Ω до запуску $U_D(t)$, забезпечених ресурсами R_S , за наявності чинників збурення B_y і Z_y , може бути представлено у вигляді залежності:

$$\Omega(t) = f_5(U_D(t), S_{lhz}^k, R_S, B_y, Z_y), \quad (5)$$

$$U_D(t) = f_6(S_{ijk}, U_D(x, t)) \quad (6)$$

є управлінням на множині узагальнених операцій, сформованим на основі перетворення управлінь з маршрутно-технологічної впорядкованості до структурної.

Локальний критерій для даної задачі може бути представлений у вигляді

$$J_{\lambda} = F_2(T_y, H_y, R_S, B_y, Z_y), \quad (7)$$

де $T_y = \int_0^{t_k} Q_y(t) dt$, $H_y = \sum_{i,j} \int_0^{t_k} p_y R_y(t) dt$ – відповідно товарна продукція T_y

і незавершене виробництво H_y структурних підрозділів, обчислені через завдання макроуправління, причому для вартісної оцінки використовуються відповідні коефіцієнти p_y .

Задача глобального управління може бути пошуком компромісу між макроуправлінням $U_D(t)$ і локальним управлінням Ω , що забезпечує загальносистемний раціоналізм, визначений глобальним критерієм

$$J_{\gamma} = F_3(J_{\mu}, J_{\lambda}). \quad (8)$$

Висновки. Таким чином, запропоновані співвідношення (1) в загальному вигляді визначають задачі розподілу потоків по маршрутах виробництва.

Задача може бути розв'язана в детермінованій або стохастичній постановці, можливим параметром оптимізації при синтезі може виступати запас деталей в ємностях N_m і N_D . Модель руху предметів праці по технологічних маршрутах дає можливість спільно із законом управління (2) розв'язати класичну задачу управління потоками в розподіленій системі з урахуванням узагальнених чинників збурення (B, Z) як найпростіших форм відшукування задовільного закону управління (2), так і форм оптимального управління з критерієм вигляду (3), який необхідно будувати, швидше за все, як квадратичну форму відхилень його аргументів від якихось номінальних значень.

Задача локального управління – це забезпечення ресурсами завдань макрорівня при неминучому задоволенні локальних ресурсних компонентів структури управління, що визначається (1)-(8), допускає велику кількість варіантів постановки і залучення різних методів.

Література

1. Аркин В.И. Равновесная модель перехода от централизованной экономики к конкурентному рынку / В.И. Аркин, А.Д. Слестников // Экономика и математические методы. – 1994. – №3. – С. 102-116.
2. Гурков И. Стратегия выживания промышленных предприятий в новых условиях / И. Гурков, Е. Аврамова // Вопросы экономики. – 1995. – №2. – С. 22-30.
3. Основы теории оптимального управления: Учеб. пособие / В.Ф. Кротов, Б.А. Лагоша, С.М. Лобанов и др.; Под ред. В.Ф. Кротова. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
4. Петров А.А. Экономика. Модели. Вычислительный эксперимент / А.А. Петров. – М.: Наука, 1996. – 251 с.
5. Фридман А.А. Модели перехода к рыночной экономике и благосостояние потребителей / А.А. Фридман // Экономика и математические методы. – 1994. – №4. – С. 106-111.
6. Хайман А.Д. Современная микроэкономика: анализ и применение. В 2 т. / Пер. с англ. / А.Д. Хайман. – М.: Финансы и статистика, 1992. Т. 1. – 384 с.