

УДК 519.21:681.142

Р.В.Резниченко

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ

*Розглядається методика розв'язання задачі оперативно-календарного планування для машинобудівних підприємств з одиничним або дрібносерійним характером виробництва. В основу методики покладено моделювання руху деталей у виробничому процесі. Наведено алгоритм розв'язання задачі.*

**Вступ.** Вдосконалення системи управління підприємством завжди було актуальною проблемою, над якою працювали багато вчених і практиків [1,2].

Особливо важливим це питання є для підприємств з одиничним і дрібносерійним характером виробництва. В першу чергу це відноситься до розв'язання задачі оперативно-календарного планування виробничих процесів. У цій роботі зроблено наукове обґрунтування методики розв'язання задачі оперативно-календарного-планування (ОКП), в основу якої покладено моделювання руху деталей у виробничому процесі.

**Постановка проблеми.** В умовах машинобудівного підприємства з одиничним або дрібносерійним характером виробництва треба скласти календарний план обробки деталей, доведений до груп обладнання цехів, з урахуванням таких критеріїв оптимальності:

1. Своєчасне забезпечення запланованих термінів випуску виробів;
2. Максимальне використання наявних фондів роботи обладнання.

**Результати.** Розв'язання задачі ОКП машинобудівних підприємств з одиничним або дрібносерійним характером виробництва потребує застосування низки імітаційних та математичних моделей, що відображають ті чи інші сторони виробничого процесу. До них можна віднести:

- модель руху деталей у процесі виробництва;
- нормативна модель виготовлення виробу (замовлення);
- планова модель пропускної спроможності дільниць (груп обладнання) цеха;
- модель фактичної загрузки обладнання (дільниці) цеха;
- фактична модель виготовлення виробу (замовлення).

Порядок (модель) руху деталей у процесі виробництва встановлюється, як правило, для кожного підприємства свій і, в залежності від режиму виготовлення виробу (нормальний чи прискорений), визначається, фактично, такими календарно-плановими нормативами:

- час міжопераційного очікування (пролежування) деталі –  $t_{mo}$  ;
- час на міжцехове транспортування деталі –  $t_{мц}$  .

У загальному випадку будемо вважати, що час міжопераційного очікування (пролежування) деталі для кожного цеху свій і залежить від то-

го, з якої дільниці деталь передається для подальшої обробки на іншу дільницю (групу обладнання) та режиму виготовлення виробу.

Час на міжцехове транспортування деталі для спрощення розгляду будемо вважати залежним тільки від номеру цеха, куди передається деталь для подальшої обробки, та режиму виготовлення виробу.

Крім цих чинників на підприємстві можуть бути задіяні також інші вимоги до порядку передачі деталей і початку наступних операцій над ними.

Нормативна модель виготовлення виробу (замовлення) будується на основі технологічних норм витрат машинного часу, що наведені в технологічних картах ( $t_{ij}^{kv}$ ), з урахуванням прийнятої на підприємстві моделі руху окремих деталей у процесі виробництва. Спочатку знаходяться виробничі цикли виготовлення окремих деталей і вузлів, після чого формується нормативна модель виготовлення виробу в цілому. Умовна графічна інтерпретація такої моделі представлена на рис. 1.

Така модель може розглядатися як ідеальна, теоретична модель, яка могла б бути реалізована на підприємстві тільки в тому випадку, коли б воно мало невичерпні виробничі ресурси за всіма групами обладнання. Хоча на практиці такого не буває, тим не менш, така нормативна модель має величезне значення для подальшого розв'язання задачі ОКП машинобудівного виробництва.

Перш за все, нормативна модель є джерелом для визначення черговості запуску деталей у виробництво. Так із рис.1 видно, що в першу чергу треба включати у виробництво деталь  $d$ , оскільки вона має найдовший виробничий цикл, а отже й найбільше випередження запуску у виробництво. Для вирішення цієї проблеми зазвичай використовуються ті чи інші правила переваги [1, 2], які базуються на визначенні відповідних функцій переваги.

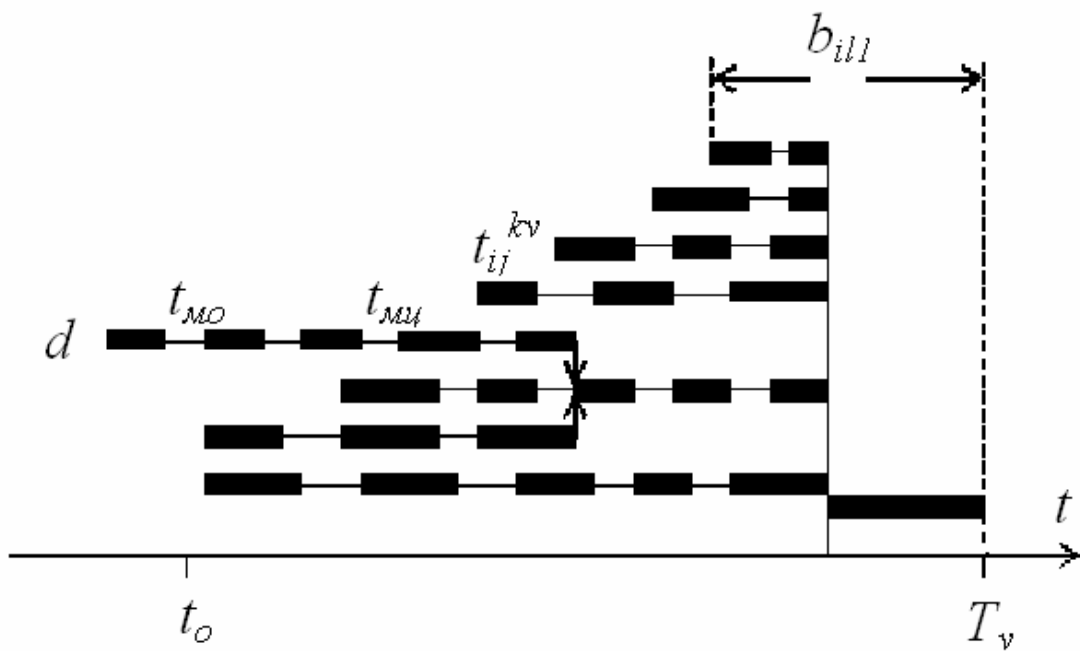


Рис. 1. Графічна інтерпретація нормативної моделі.

Аналітичний вираз функції переваги у нашому випадку можна сформулювати на основі нормативної моделі виготовлення виробу після її “прив’язки” до реальної календарної вісі часу  $t$  (див. рис.1). Виділимо на цій вісі такі координати (точки):

$t_o$  – координата поточного часу;

$T_v$  – координата випуску готового виробу ( $v$ );

$b_{ill}$  – координата випередження запуску  $i$ -ї деталі в обробку на  $l_1$ -ту операцію відносно моменту випуску готового виробу  $T_v$ . Тоді вираз функції переваги буде мати такий вигляд:

$$f_{ill} = T_v - t_o - b_{ill}.$$

Згідно з цим у першу чергу в обробку мають включатися деталі, для яких функція переваги  $f_{ill}$  приймає найменше значення. Деталі, для яких функція переваги приймає від’ємне значення, вважаються такими, що відстають від плану, тому їх треба перевести в більш інтенсивний режим виготовлення.

Враховуючи те, що значення змінних  $t_o$  та  $b_{ill}$  постійно змінюються, кожного разу при формуванні виробничих завдань, на черговий плановий період функція переваги має перераховуватися для всіх деталей, технологічна обробка яких ще не закінчилася.

Планова модель пропускної спроможності дільниць (груп обладнання) цеха відображає їх виробничі можливості з урахуванням кількості робочих змін у цеху, наявності справного робочого обладнання, а також можливих перемін у його стані. Аналітично модель пропускної спроможності  $j$ -ї групи обладнання  $k$ -го цеху в  $z$ -му робочу зміну  $r$ -го робочого дня може бути представлена у вигляді множини  $W_{kj} = \{w_{kj}^{rz}\}$ ,  $j \in J$ ,  $z = \{1, 2, 3\}$ .

Модель фактичної загрузки обладнання (дільниць) цеха відображає рівень фактичної загрузки обладнання, отриманий в результаті формування виробничих завдань цеху. По аналогії з плановою моделлю пропускної спроможності дільниць модель фактичної загрузки обладнання аналітично може бути представлена у вигляді множини  $G_{kj} = \{g_{kj}^{rz}\}$ ,  $j \in J$ ,  $z = \{1,2,3\}$ . Практично модель фактичної загрузки обладнання цеха створюється у процесі формування календарних планів обробки деталей.

Формування календарних планів обробки деталей у загальному вигляді полягає в наступному. Із усіх деталей, які повинні бути оброблені в  $k$ -му цеху, вибирається деталь, для якої функція переваги  $f_{ill}$  має найменше значення. Для вибраної деталі моделюється її рух у виробничому процесі протягом модельного періоду, тобто протягом терміну, на який складається календарний план. Водночас визначається загрузка груп обладнання, через які проходить технологічний маршрут обробки деталі. Після цього вибирається наступна деталь. Рішення задачі закінчується при відсутності або готових до обробки деталей, або вільних виробничих потужностей у модельному періоді.

Отже, будуючи відповідним чином функцію переваги ми досягаємо рішення, близького до оптимального в розумінні критерія 1, а використовуючи вільні виробничі потужності на створення заділу, ми досягаємо рішення, близького до оптимального в розумінні критерія 2.

У цілому, алгоритм формування календарних планів обробки деталей буде складатися з таких операторів:

1. Відбір множини деталей, чергові операції над якими мають починатися в  $k$ -му цеху, з усього масиву деталей  $N$ , які треба виготовити для випуску усіх виробів:  $N_k = \{i : l \subseteq L_i\}$ , де  $L_i$  – кількість операцій над  $i$ -ю деталлю.

2. Формування моделі пропускної спроможності груп обладнання цеха впродовж модельного періоду, довжина якого визначається кількістю робочих змін  $c$ , прийнятих до розгляду:

$$W_{kj} = \{w_{kj}^{rz}\}, j \in J, z = \{1,2,3,\dots,c\}, r - \text{робочі дні.}$$

3. Формування моделі фактичної загрузки груп обладнання цеха впродовж модельного періоду:

$$G_{kj} = \{g_{kj}^{rz}\}, j \in J, z = \{1,2,3,\dots,c\}, r - \text{робочі дні.}$$

4. Перевірка наявності не розглянутих іще деталей, які мають пройти обробку в  $k$ -му цеху:

$$N_k = 0, N_k = \{i : l \subseteq L_i\}.$$

5. Розрахунок значень функції переваги для всіх детале-операцій, з яких має початися їх обробка в  $k$ -му цеху:

$$f_{ill} = T_v - t_o - b_{ill}, i \in N_k, N_k = \{i : l \subseteq L_i\}.$$

6. Вибір  $i$ -ї деталі з найменшим значенням функції переваги  $f_{ill}$ :  
 $f_{ill} = \min f_{ill}, \text{ при } i \in N_k.$

7. Вибір чергової робочої зміни з модельного періоду:

$$z = \min z, \quad A = \{z : w_{kj}^{rz} > g_{kj}^{rz}\}.$$

8. Перевірка умови:  $z < c$ .

9. Моделювання загрузки ( $g_{kj}^{rz}$ )  $j$ -ї групи обладнання протягом модельного періоду при обробці  $i - i$  деталі на  $l - i$  операції.

10. Включення в план роботи  $\kappa - go$  цеха на  $j - i$  групі обладнання обробки  $i - i$  деталі на  $l - i$  операції:  $i_l \rightarrow \Pi_{kj}^{rz}$ .

11. Перевірка умови:  $l < L_i$ .

12. Формування  $l = l^* + 1$ , де  $l^*$  – попереднє значення  $l$ .

13. Перехід до наступного цеху:  $\kappa = \kappa^* + 1$ .

14. Перевірка умови:  $N = 0$  (чи всі деталі переглянуто).

15. Видача результатів.

Блок-схема моделюючого алгоритму представлена на рис. 2.

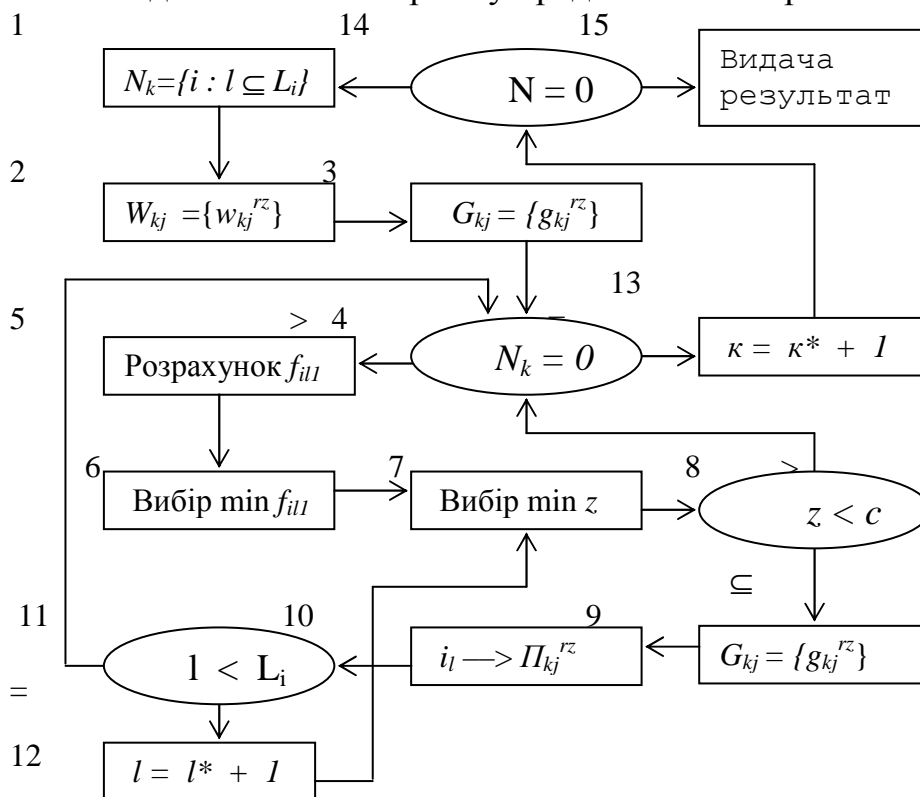


Рис. 2. Принципова блок-схема моделюючого алгоритму.

**Висновок.** В результаті застосування моделюючого алгоритму отримуємо фактичну модель виготовлення виробів (замовлення) у вигляді календарних планів обробки деталей  $\Pi_{kj}^{rz}$  на кожну робочу зміну. Застосування алгоритмів, моделюючих виробничі процеси є досить ефективним та зручним методом розв'язання задач оперативно-календарного планування. Особливо важливим це питання є для підприємств з одиничним і дрібносерійним характером виробництва.

#### Література:

- 
1. Гриценко В.И., Тимашова Л.А. Информационные средства и технологии виртуальных предприятий //Тези, доповіді II Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці та бізнесі". – Ірпінь:Видавничий центр Академії ДПС України, 2001. – С. 15.
  2. Шкурба В. В., Подчасова Т. П., Пшичук А. Н., Тур Л. П. Задачи календарного планирования и методы их решения – К.:Наукова думка,1966.-С.31.