

УДК 330.4:658.1

Берсуцький А.Я.

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗВЕДЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ

У статті описано етапи формування планів виробництва з використанням зведеної технології виробництва продукції. Розроблено економіко-математичну модель, яка дозволяє визначити трудомісткість виготовлення виробів. Подано схему, що відображає послідовність формування зведеної технології виробництва.

The article considers the main stages of planning the industrial output that based on generalized technology of production. The economic and mathematical model is developed to determine the labour costs of producing goods. The chart of formation the technology in determined sequence is proposed, too.

Машинобудівний комплекс України є складною системою підприємств з різним характером виробництва та обсягами випуску продукції. Природно, що рівень розвитку такого потужного і складного комплексу, який створює матеріально-технічну базу переоснащення інших галузей народного господарства, зумовлює розвиток практично всього потенціалу країни, темпи науково-технічного прогресу.

Сучасна ситуація, яка склалася в машинобудівному комплексі, вимагає великих зусиль для відновлення його провідної ролі в здійсненні подальшої структурної перебудови і технічного переозброєння машинобудівного виробництва України.

Аналіз стану машинобудування підтверджує, що причина такого становища полягає як у неефективності системи управління, так й у відсутності чітких стратегічних позицій з формування передумов стійкого розвитку підприємств на перспективу в умовах жорсткої конкуренції і кон'єктури ринку, що динамічно змінюється.

На сьогодні значна кількість наукових праць вітчизняних авторів розкриває проблеми і причини низького рівня розвитку ресурсного потенціалу промислових підприємств [2, 3, 4].

Не зважаючи на широкий науковий інтерес до прийняття управлінських рішень з формування поточних і стратегічних планів, багато проблем залишилися недостатньо вирішеними, а втілення в практику значної частини методів і моделей є складним питанням.

Для розрахунків прогнозування можливостей підприємства з випуску виробів, включених до стратегічного «портфеля замовлень», і для прогнозних розрахунків потреб конкретних ресурсів на кожний рік змінного перспективного плану на підприємствах машинобудівного комплексу використовується зведена технологія виробництва продукції. Деталеопераційні норми витрат ресурсів є структурними параметрами технології процесів виготовлення окремих деталей і в той же час є найважливішими компонентами оперативного планування на короткі інтервали часу. Поточні розрахунки стратегічної потреби в ресурсах орієнтовані на агреговані норми витрат, що можуть здійснюватися як з певної мнжини деталей, так і з видів їх технологічної обробки.

Під час формування планових рішень на перспективний період часу методологічним підходом служить визнання необхідності диференціації зведених норм трудомісткості за календарними періодами тривалості виробничих циклів залежно від кожного виробу, вузлів і деталей, що входять в нього, з урахуванням основних технологічних переділів. Такий підхід особливо важливий під час виготовлення продукції машинобудівних підприємств з індивідуальним і дрібносерійним характером виробництва, що мають тривалий цикл виготовлення з періодом від кварталу до року і більше. За цих умов визначення календарних норм трудовитрат, сукупність яких складає об'ємну технологію

виготовлення продукції, є інформаційною основою формування поточних і стратегічних планів.

На першому етапі формування таких планів визначається календарне завантаження провідного обладнання за основними виробничими цехами (і відповідно технологічними переділами). На цьому етапі формується і потреба в трудових ресурсах – робочих відповідних спеціальностей і кваліфікацій залежно від видів обладнання, що використовується. На наступному етапі здійснюється розрахунок потреб у матеріальних ресурсах, покупних комплектуючих деталях і вузлах. Модель формування планів здійснюється не на базі зведених нормативів витрати кожного виду ресурсів на одиницю виробу, що випускається, а відповідно до розподілу цих ресурсів у часі, залежно від тривалості циклу виготовлення виробу в цілому.

Зауважимо, що запропонований багатьма авторами ступінь агрегації не відображає необхідного розподілу в часі й просторі загальних обсягів робіт з виготовлення виробів і, отже, в загальному випадку зведені норми не можуть бути використані як елементарні інформаційні бази для всієї сукупності розрахунків поточних і стратегічних планів. Враховуючи, що такі плани відображають загальну потребу ресурсного потенціалу на тривалі інтервали часу, необхідно чітко виділити послідовність однорідних календарних періодів розподілу випуску конкретних виробів підприємства з урахуванням загальної тривалості циклу і виробничих підциклів (відповідних технологічних переділів) і визначити зведені трудомісткості за кожним видом обробки виробу.

Інформаційна база забезпечення поточних планових розрахунків проектується в системі управління ресурсним потенціалом підприємства і відображає конструкторські особливості виробу і технологічні характеристики обробки деталей і вузлів, а також кількісні параметри ресурсів, що використовуються. Модель диференціації зведених нормативів реалізується двома послідовно застосовуваними етапами. На першому етапі здійснюється розрахунок зведених норм трудомісткості, витрат живої праці, розрахунок зведених норм трудомісткості розглянуті автором у роботі [1]. На другому етапі реалізуються алгоритми диференціації зведених норм трудомісткості за календарними періодами залежно від тривалості циклу виготовлення виробів за виробничими підрозділами підприємства. Загальну схему формування зведених норм та їх розподіл наведено на рис. 1.

Таким чином, у базі даних було задано зведені норми трудомісткості (t_{ij}) за кожним видом обладнання i -го шифру, тобто модель відображає початок (\overline{P}_j) і закінчення (\overline{P}_j') t -го виробничого підциклу.

Для підприємств машинобудівного виробництва, що мають заготовчий, механооброблюючий і складальний підцикли, t приймає значення 1, 2, 3. Для описання моделі позначимо:

J – повна номенклатура продукції, що виготовляється на підприємстві, при цьому $j \in J$;

I – множина видів виробничого обладнання;

R – послідовність однорідних календарних періодів;

J, I, R – поточні елементи цих множин.

Основні результати розрахунку зведених норм на виріб (1 етап) знаходяться у «бібліотеці алгоритмів» інформаційної системи управління ресурсним потенціалом підприємства. Тоді приймаємо відомими:

\underline{P}_{ij} – зведена норма трудомісткості i -го виду обробки j -го виробу;

\overline{P}_j' – початок виробничого підциклу j -го виробу на конкретному переділі t ;

$\overline{\overline{P_j^t}}$ – закінчення виробничого підциклу j-го виробу на конкретному переділі t.

Отже, тривалості підциклів за кожною стадією виробництва j-го виробу можуть бути знайдені таким чином:

$$D_j^t = \overline{\overline{P_j^t}} - \overline{P_j^t}.$$

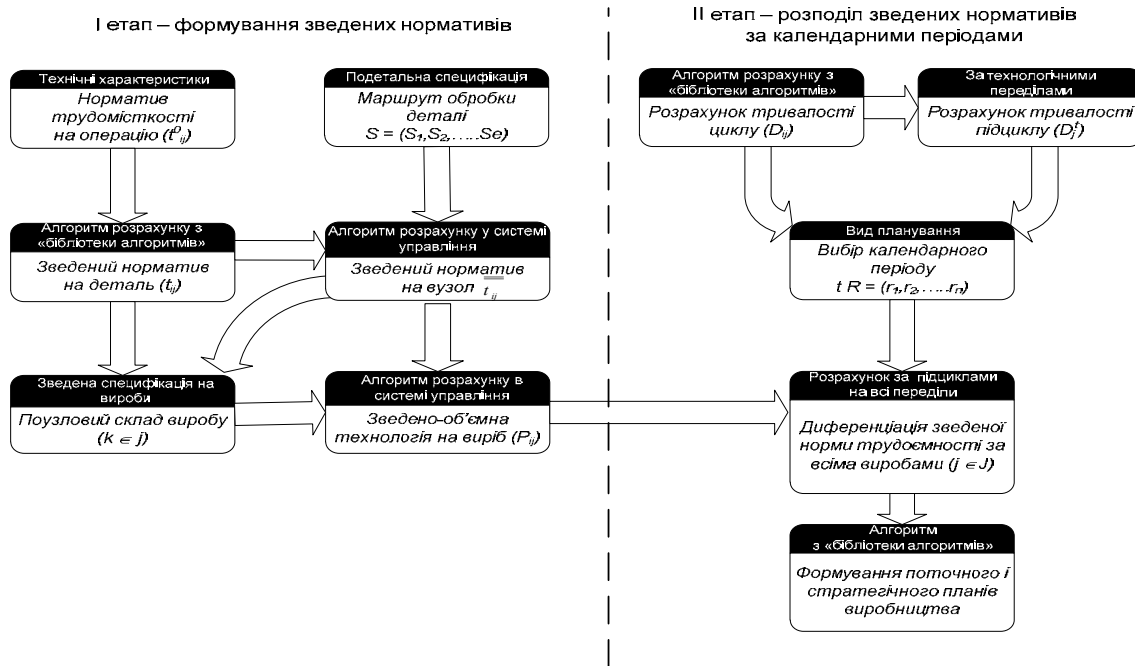


Рис. 1. Послідовність формування зведеної технології

Враховуючи те, що за стратегічного і поточного планування одиницею вимірювання всіх тимчасових величин обирається один календарний період з прийнятої послідовності однорідних періодів R, загальний виробничий цикл визначається як:

$$D_j = \overline{\overline{P_j^3}} - \overline{P_j^1}. \tag{1}$$

Під час подальших розрахунків приймаємо положення, що шукані норми трудомісткості P_{ij}^t , тобто трудомісткості за i-м видом обробки одиниці j-го виробу в r-ому календарному періоді повинні задовольняти наступне співвідношення:

$$\sum_{r=1}^{\gamma_j} P_{ij}^r = P_{ij}, \quad i \in I, \quad j \in J. \tag{2}$$

де γ_j – кількість календарних періодів, протягом яких включений до плану випуску j-й виріб знаходиться в процесі виробництва. Тоді γ_j може бути поданий:

$$\gamma_j = \begin{cases} E(D_j) + 1, & \text{якщо } \{D_j\} \gg 0, \\ E(D_j), & \text{якщо } \{D_j\} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де $E(D_j), \{D_j\}$ – відповідно ціла і дробова частина величини тривалості виробничого циклу.

Відповідно до прийнятої стадійності виробничого процесу виділимо в i підмножині i_t .

$$\bigcup_{t=1}^3 i_t = i \quad I_1 \cap I_2 = I_2 \cap I_3 = I_1 \cap I_3 = \phi, \quad (4)$$

де I_t – множина видів обладнання і технологічних операцій, відповідних t -й стадії виробництва.

Оскільки речовинні процеси t -й стадії виробництва протікатимуть в інтервалі часу $(\overline{P_j^t}, \overline{P_j^t})$, то й розподіл (2) всіх зведених норм трудомісткості P_{ij} , для яких $i \in I_t$, необхідно прогнозувати в цьому інтервалі. Якщо межі інтервалу не відомі, то пропонується наближений метод розрахунку параметрів підциклів:

$$\left(\overline{P_j^t}, \overline{P_j^t}\right) = \left(\overline{P_j} + \sum_{l=i}^{t_1} D_j^l \overline{P_j} + \sum_{l=1}^t D_j^l\right), \quad (5)$$

де

$$D^t = \left(\sum_{i \in I} P_{ij} : \sum_{i \in I} P\right) D_j, \quad (6)$$

(величину D_j^t назвемо основою t -го підциклу, оскільки його тривалість визначається сукупністю трудових процесів).

Розподіл довільної норми на прогнозованому інтервалі $(\overline{P_j}, \overline{P_j})$ описуватимемо класом незменшуваних безперервних функцій $P_{ij}(p)$:

$$P_{ij}(p) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } p \in \left(\overline{P_j}, \overline{P_j^s}\right), \\ P_{ij}, & \text{якщо } p \in \left(\overline{P_j^s}, \overline{P_j}\right) \end{cases} \quad (7)$$

$$P_{ij}(P_0) = P_{ij}^0, \quad P_0 \in \left[\overline{P_j^s}, \overline{P_j}\right]. \quad (8)$$

де P_{ij}^0 – трудомісткість i -го виду обробки одиниці j -го виробу на стратегічному інтервалі.

Оскільки функції $P_{ij}(p)$ є випадковими, то їх конкретні реалізації в майбутніх періодах можуть бути лише прогнозованими. Нехай P_{ij}^n – одна з довільних (але фіксована) прогнозованих реалізацій випадкового процесу розподілу зведеної норми трудомісткості P_{ij} на інтервалі $(\overline{P_j}, \overline{P_j})$. Шукані норми трудомісткості будуть визначені

$$P_{ij}^r = P_{ij}^n(\overline{P_r}) - P_{ij}^n(\overline{P_r}), \quad i \in I, j \in J, r \in \left[\overline{1}, \overline{\gamma_1}\right] \quad (9)$$

де $\overline{P_r}, \overline{P_r}$ – відповідно початок і кінець r -го календарного періоду (рівняння зв'язку (2), очевидно, виконується). Таким чином, для обчислення прогнозованих рівнів норм

трудовитрат для r -го календарного періоду необхідно знайти приріст функції P_{ij}^r на інтервалі $(\overline{P}_r, \overline{\overline{P}}_r)$

Легко показати, що під час прогнозування рівномірного розподілу кожної зведеної норми на відповідному їй підциклі має місце співвідношення

$$P_{ij}^r = \frac{k\left(\left(\overline{P}_j^s, \overline{\overline{P}}_j^s\right) \cap (r-1, r)\right)}{D_j^s} P_{ij}, i \in I, j \in J, r \in \left[\overline{1}, \overline{\gamma}_j\right] \quad (10)$$

причому

$$k\left(\left(\overline{P}_j^s, \overline{\overline{P}}_j^s\right) \cap (r-1, r)\right) = \begin{cases} \min(\overline{P}_j^s, r) - \max(\overline{P}_j^s, r-1), \text{ якщо } s-1 \leq (\overline{P}_j^s \vee \overline{\overline{P}}_j^s) \leq r, \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases} \quad (11)$$

де $k(\gamma, \beta)$ – довжина інтервалу (γ, β) ;

$(r-1, r)$ – цілочисельне представлення початку та закінчення r -го календарного періоду.

Отже, які б прогнозовані функції $P_{ij}^n(p)$ не було обрано, економіко-математична модель об'ємної технології виготовлення продукції підприємства є матрицею Tr (сукупність матриць t^j для всіх позицій номенклатури J)

$$Tr = \{t^1, t^2, \dots, t^n\} \quad (12)$$

$$t^j = (t_1^j, t_2^j, \dots, t_r^j), \quad (13)$$

де γ – етап обробки виробу; t_γ^j – технологія обробки j -го виробу на етапі γ .

Очевидно, що об'ємна технологія Tr узгоджена з послідовністю календарних періодів R . Моделі (12, 13) формалізують дезагрегування зведеної технології (описуваної вектором-стовпцем зведених норм) на технологію виробництва в окремих календарних етапах виробничих циклів. Зворотний процес (агрегація) здійснюється тривіально; для побудови моделей об'ємної технології T' , узгодженої з послідовністю r' більших періодів, необхідно скласти відповідні вектори-стовпці t_α^j тих періодів, які складають укрупнені періоди. Реалізація моделі розподілу дозволяє обґрунтовано визначити трудомісткість виробництва конкретних виробів за всіма технологічними переділами від заготівельних робіт до збирання вузлів і виробів.

Важливим для перспективного планування є прогноз з трудомісткості виробництва кожного виробу, що включається до стратегічного плану, який дозволяє здійснити розрахунки потреб відповідних ресурсів. Природно, складним є прогноз випуску нових виробів і модифікації продукції, що традиційно випускається. Такий прогноз реалізується практично в умовах невизначеності та істотного впливу внутрішніх і зовнішніх чинників.

Разом з тим прийняття рішень з розподілу зведеної трудомісткості за календарними періодами перспективного плану дозволяє прогнозувати потребу в основному устаткуванні, параметрах матеріальних ресурсів і їх номенклатуру, кількості робочих конкретних спеціальностей.

Виходитимемо з послідовності розрахунків (описаних вище), що система зведених норм витрат ресурсів відома t_{ij} – зведена норма трудомісткості обробки виробу j на устаткуванні i ; $\tilde{t}_{\lambda j}$ – зведена норма часу, затрачуваного робочими професіями λ на виготовлення виробу j ; m_{ej} – технічно обґрунтована норма витрат матеріалу l на виріб j), її дезагрегування подамо у вигляді

$$\begin{aligned} t_{ij} &\xrightarrow{dez} (t_{ij}^1, \dots, t_{ij}^\alpha, \dots, t_{ij}^{hj}), i \in I, j \in J, \\ \tilde{t}_{\lambda j} &\xrightarrow{dez} (\tilde{t}_{\lambda j}^1, \dots, \tilde{t}_{\lambda j}^\alpha, \dots, \tilde{t}_{\lambda j}^{hj}), \lambda \in \Lambda, j \in J, \\ m_{ej} &\xrightarrow{dez} (m_{ej}^1, \dots, m_{ej}^\alpha, \dots, m_{ej}^{hj}), l \in L, j \in J, \end{aligned} \quad (14)$$

де $t_{ij}^\alpha, \tilde{t}_{\lambda j}^\alpha$ – величина трудомісткості обробки виробу j на устаткуванні I і трудовитрат робочих професій λ на календарному етапі α ; m_{ij}^α – величина витрат (споживання у виробництві) матеріалу l на виріб j на етапі α .

Метод формування t_{ij}^α було розглянуто в [1] (для $\tilde{t}_{\lambda j}^\alpha$ підхід аналогічний). Якщо для витрат праці правомірно постулювати його рівномірний розподіл за календарними періодами (щоб не допускати диспропорцій у перевантаженні або недовантаженні обладнання і робітників), то під час дезагрегування m_{ej} – необхідно враховувати дискретне споживання матеріалів на початку кожної виробничої стадії $w \in W$.

Зокрема, для m_{ej}^α , справедливо співвідношення

$$m_{lj}^\alpha = \begin{cases} \sum_{a \in A_w} m_{lj}^\alpha \\ s \in S_w \\ 0, \text{ для інших } \alpha = 1, hj, \end{cases} \quad (15)$$

де m_{ej}^α – відома зведена норма витрати матеріалу l -го вигляду на одиницю виробу j , що проходить обробку в цеху s ; S_w – множина цехів, що беруть участь у w -й стадії виробництва; α_j^w – відомий порядковий номер календарного етапу, в якому набирається стадія w для виробу j .

Розглянутий підхід до дезагрегування зведеної технології має істотну перевагу перед традиційною, коли процес виробництва кожного еталонного виробу розбивається на етапи шляхом виділення його конструкторських складових частин (вузлів). Останні за тривалістю своїх циклів повинні «укладатися» в планово-облікові періоди. Замість значного за трудомісткістю конструкторського дезагрегування запропоновано просту алгоритмічну процедуру чіткої прив'язки календарної системи норм витрат ресурсів до технологічних етапів проходження кожного еталонного виробу у виробництві. Ця система – узагальнена модель технологій виробництва в тому значенні, що традиційні моделі витікають з неї як окремі випадки (якщо $hj = I$ для всіх j).

Таким чином, важливим є визначення календарних норм трудовитрат, сукупність яких складає об'ємну технологію виготовлення кожного виробу, що включаються в план виробництва підприємства. Розрахунки таких норм обумовлюють формування планових рішень на відповідні календарні періоди.

Література:

1. Берсуцький А.Я. Виробничі ресурси підприємства: проблемні ситуації та прийняття рішень: Монографія / Ін-т економіки пром-сті. НАН України. – Донецьк: ДонУЕП, 2007. – 330 с.
2. Булеев И.П., Богачев С.В., Мельникова М.В. Промышленные корпорации: особенности развития и принятия решений. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2003. – 116 с.
3. Краснова В.В. Управление промышленным комплексом в условиях транзитивной экономики. – Донецк: ДонНУ, 2002. – 255 с.
4. Шпотов Б. О современных теориях конкурентных преимуществ и отраслевого лидерования // Проблемы теории и практики управления. – 2001. – № 3. – С. 50-55.

Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Амошою О.І. 20.10.08

Надійшла до редакції
27.10.08