

## 2. УРАХУВАННЯ ЧАСУ ТА СКЛАДАННЯ

---

**У**рахування часу. Виробничий цикл вміщує різноманітну діяльність і складається з кадрової політики; фінансової діяльності; купівлі ресурсів; виробництва товарів; транспортування сировини та виробів; продажу виробленої продукції тощо. Ці процеси можуть відбуватись паралельно та послідовно. Загальним терміном паралельних процесів виробництва можна вважати найбільшу величину часу однієї з паралельних гілок виробництва, а час послідовних процесів безпосередньо входить у час виробничого циклу.

Для ознайомлення з виробничим циклом у часі, можна скласти календарний план виконання робіт згідно з методами динамічного мережевого управління та планування [10; 18]. На основі цього календарного плану, який є індивідуальним для кожного підприємства та проекту, отримують модель для розрахунку часу виробничого циклу.

При цьому можна використати підхід отримання “множини В. Парето” шляхом вилучення явно гірших альтернатив та показників (В. Парето – італійський соціолог, економіст, математик). В. Парето вказував, що із 100% показників лише 20% охоплює 80% потрібної інформації; тоді інші 80% показників є зайвими і їх можна вилучити.

Витрати часу, які не залежать від об’єму випущеної продукції, пов’язані з такими процесами:

1. Купівля та транспортування ресурсів для випуску продукції.
2. Переналагодження виробництва на випуск нової продукції.
3. Технологічні паузи (наприклад, висушування пофарбованої продукції, профілактичний огляд обладнання, введення в дію нових верстатів).
4. Зберігання готової продукції на складі.
5. Транспортування готової продукції для продажу.
6. Оформлення документів на переміщення продукції, фінансування, звітування.

Витрати часу, які залежать від об’єму випущеної продукції, пов’язані з такими процесами:

1. Комплектація ресурсів для їх обробки.
2. Вироблення одиниці продукції.
3. Комплектація продукції та її упакування для транспортування.
4. Завантажувальні та розвантажувальні операції.

5. Продаж одиниці продукції.

Треба звернути увагу на індивідуальну для кожного підприємства багатоваріантну можливість створення паралельних та послідовних виробничих процесів з імовірнісним характером функціонування. **Будемо вважати, що далі при розрахунках ми будемо використовувати середньостатистичні дані (математичні очікування) витрат часу.**

Звичайно підприємство випускає кілька видів виробів. Для кожного з них можна скласти окрему математичну модель з метою інтенсифікації – отримання найбільшого прибутку саме за цей виріб. Така модель допоможе виявити і подолати вузькі місця у створенні виробу. Але нас у даному випадку цікавить визначення математичної моделі часу саме в умовах випуску кількох виробів.

У цілому витрати часу на виробничий цикл можна розраховувати за формулою

$$T = t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j, \quad (2.1)$$

де  $t_0$  – витрати часу, які не залежать від об'єму випущеної продукції;

$j=1, 2, \dots, n$  – порядковий номер виробу;

$t_j$  – норма витрати часу на одиницю випущеної продукції (включаючи вироблення та продаж);

$x_j$  – об'єм випущеної продукції.

Інтенсифікаційна функція мети в цьому випадку може мати вигляд

$$F_{T1} = \frac{\sum_{j=1}^n p_j x_j}{t_0 + \sum_{j=1}^n t_j x_j} \rightarrow \max, \quad (2.2)$$

$$F_{T2} = \sum_{j=1}^n \frac{p_j}{t_j} x_j \rightarrow \max, \quad (2.3)$$

де  $p_j$  – прибуток від продажу одиниці  $j$ -го виробу з об'єму  $x_j$ .

До формул (2.1) – (2.2) треба ввести пояснення, бо вони формально дійсні, якщо усі процеси на виробництві виконуються послідовно: спочатку закупаються ресурси; виробляється виріб 1, виріб 2, ...; продається виріб 1, виріб 2, ...

В дійсності кілька підрозділів підприємства можуть паралельно випускати різну або однакову продукцію. Сама продукція теж може продаватись паралельно: один продавець продає одночасно кілька товарів, бо попит на товари не співпадає у часі, і тоді продавець краще завантажується роботою. Товари можуть також продаватись паралельно у кількох магазинах.

Існує навіть такий торгівельний захід: чим більша різноманітність товарів у магазині, тим більший попит спостерігається з боку покупців. Тоді звичайно до цієї вимоги повинен пристосовуватись і виробник продукції: він повинен випускати різноманітні товари, а не лише один, бо тоді “завантаження підприємства покупцями” буде найкраще. Потрібно також враховувати можливість простою обладнання по випуску продукції.

Тому формули (2.1) та (2.2) слід розглядати як дійсні при послідовному випуску продукції і як умовні (параметри яких слід переглядати) при паралельному випуску продукції. Для виробів, які випускаються та продаються паралельно, відповідна складова  $(t_j x_j)$  повинна коригуватись у залежності від конкретного виробничого процесу. Саме від цього залежать конкретні значення  $T$ ,  $t_0$  та  $t_j$ . Наприклад, при паралельному випуску однакової продукції паралельні гілки виробництва замінюються на одну еквівалентну гілку з розрахованими параметрами; при паралельному випуску різної продукції паралельні гілки виробництва можна розглядати як окремі виробництва з термінами виробничого циклу конкретних гілок.

**Паралельний випуск однакової продукції.** Якщо однакову продукцію випускають кілька цехів або готову продукцію продають кілька магазинів, то такі окремі ділянки виробничої діяльності можна розглядати як окремі системи масового обслуговування з виявленням їх середніх показників.

При заміні  $A$  паралельних гілок на одну еквівалентну послідовну гілку з загальним випуском однакової продукції  $x_j$  час  $t_j$  на випуск одиниці продукції послідовної гілки може розраховуватись за формулою

$$t_j = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^A \frac{1}{t_{j\alpha}}}, \quad \text{еквівалентної} \quad (2.4)$$

де  $\alpha = 1, \dots, A$  – порядковий номер паралельних гілок по

виробленню однакової продукції;

$t_{j\alpha}$  – час на випуск одиниці продукції паралельною гілкою  $\alpha$ . При цьому усі паузи часу, не залежні від обсягу продукції паралельної гілки, враховуються в часі  $t_{j\alpha}$  для кожної гілки окремо.

Для послідовної еквівалентної виробничої лінії, яка замінює такі паралельні гілки з виробленням однакової продукції, загальний час випуску продукції  $x_j$  складає  $\Delta T_j = (t_j x_j)$ ; ці дані можуть безпосередньо  $\sum_{\alpha=1}^A \frac{t_j x_j}{t_{j\alpha}} = x_j$ , вводиться у формулу (2.1).

При цьому кожна паралельна виробнича гілка буде випускати  $(t_j x_j) / t_{j\alpha}$  виробів, а їх підсумок дорівнює

з в і д к и й отримується формула (2.4).  $\sum_{\alpha=1}^A c_{j\alpha} \frac{t_j x_j}{t_{j\alpha}} = c_{ji} x_j$ , паралельній гілці  $\alpha$  по

виробленню однакової п р о д у к ц і ї використується для виробництва  $i = 1, 2, \dots, m$  ресурсів, а витрати цих ресурсів складають  $c_{j\alpha}$ , то загальні підсумкові витрати ресурсу  $\alpha$  складають

$$c_{ji} = \sum_{\alpha=1}^A c_{j\alpha} \frac{t_j}{t_{j\alpha}}. \quad (2.5)$$

звідки підсумкові витрати  $c_{ji}$  ресурсу на одиницю випущеної продукції складають

Таким чином, за формулами (2.4) та (2.5) можна визначити основні параметри  $t_j$  та  $c_{ji}$  однієї еквівалентної гілки, яка замінює  $A$  паралельних гілок з загальним випуском однакової продукції  $x_j$ . В цьому випадку можна використати функцію мети (2.2), бо усі процеси відбуваються послідовно.

**Паралельний випуск кількох різних виробів.** При паралельному виробництві кількох різних виробів  $x_{j\beta}$  (тут  $\beta = 1, \dots, B$  – порядковий номер паралельних гілок по виробленню різної продукції) на загальне

значення терміну виробничого циклу впливає лише одна гілка – з найбільшим значенням  $\Delta T_{j\beta} = (t_{j\beta}x_{j\beta})$ , бо інші паралельні гілки витрачають менше часу на випуск продукції.

Але використовувати в функції мети таку математичну модель для часу недоцільно, тому що у випадку, коли  $x_{j\beta} = 0$ , отримаємо  $\Delta T_{j\beta} = F_{T3} = \sum_{j=1}^n \frac{p_j x_j}{t_{0j} + t_j x_j} \rightarrow \max$  (2.6)  
 0, в той час як продукція інших паралельних гілок не повинна дорівнювати нулеві, бо час  $\Delta T_{j\beta} > 0$ .

В цьому випадку модель функції мети можна уявити у двох виглядах:

1. “Розпаралелити” весь виробничий процес відносно складної паралельної гілки, кожна з яких розглядається як окремий незалежний процес виробництва. Тоді функція мети має вигляд

2. Вважати такі паралельні процеси послідовними і використовувати математичну модель функції мети (2.2) або (2.3).

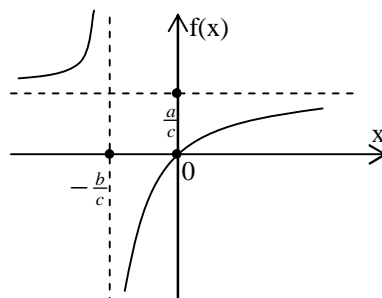
В терміні виробничого циклу при цьому враховується найбільша величина часу однієї з паралельних гілок.

Обидві моделі функції мети при цьому вірно відображують спрямування на отримання максимального прибутку у часі, бо, наприклад, згідно з формулою (2.6), щоб отримати максимальне значення функції мети при прийнятих обмеженнях, треба максимально збільшити чисельник при мінімальному значенні знаменника.

Таким чином, лише для паралельних гілок з випуском однакової продукції в функції мети виконується заміна їх на одну  $f(x) = \frac{ax}{b + cx}$  еквівалентну гілку з перерахуванням параметрів. Для паралельних гілок з випуском різної продукції функція мети може мати вигляд (2.2), (2.3) або (2.6).

Формула функції мети (2.3) є більш привабливою, бо вона надає можливість використання лінійного програмування в задачах програмування прибутку.

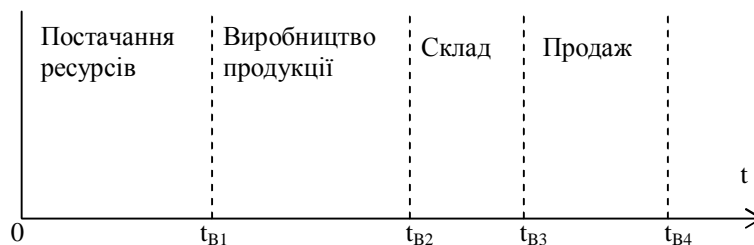
Нелінійні функції (2.2) та (2.6) є достатньо простими і, крім того, не мають локальних екстремумів, що дуже важливо для нелінійних моделей.



**Рис. 2.1. Вигляд функції  $f(x)$**

З точки зору програмування прибутку бажано всіляко сприяти скороченню виробничого циклу за рахунок паралельного виконання робіт.

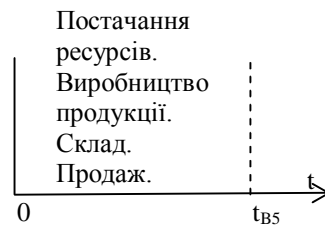
Найкраще уявлення про виробничий цикл дає початок виробничої діяльності у часі, який умовно позначений на рис. 2.2.



**Рис. 2.2. Початок виробництва**

Отриманий цикл виробництва стосується початку виробництва і вказує термін виконання проекту  $t_{B4}$ . Якщо йде виробництво масової продукції, то в якості циклу можна розглядати більш зручний термін – наприклад, місяць. Протягом цього місяця вказані роботи виконуються паралельно, хоча й для різних товарів. Тобто поточне управління виробництвом у даному місяці включає у себе етапи (рис. 2.3): "Постачання ресурсів" (для поточного та майбутнього виробництва), поточне "Виробництво продукції", "Складування" (для поточного та минулого виробництва) та "Продажу" (для поточного та минулого виробництва).

Таке поточне паралельне керування не повинне вводити нас в оману: повний цикл виробництва треба завжди визначати за схемою рис. 2.2.



**Рис. 2.3. Поточне виробництво**

Розгляд повного циклу виробництва по рис. 2.2 дає змогу визначити “вузькі місця” у сенсі занадто великих витрат часу з метою їх усунення.