

Завдання щодо змістового модуля 3. Планування діяльності виробничих систем

Основні теоретичні положення теми

Основні теоретичні положення теми

Планування створення нової продукції - це система розрахунків, що спрямована на вибір та обґрунтування цілей впровадження нової продукції і підготовку рішень, необхідних для їх досягнення.

Система планування створення нової продукції складний процес, який передбачає цільову орієнтацію всіх учасників проекту створення нової продукції; врахування прогнозів динаміки зовнішнього середовища для раннього розпізнавання проблем розвитку; координацію діяльності учасників проекту створення нової продукції, у тому числі розпорядницьку, ініціативну, програмну та бюджетну; обґрунтування управлінських і проектно-конструкторських рішень; створення об'єктивної бази для контролю процесу реалізації проекту створення нової продукції; інформування всіх учасників інноваційного проекту про цілі, прогнози, альтернативи, терміни, ресурси та адміністративні умови його реалізації; пропозиції учасників створення нової продукції.

При плануванні нескладних робіт із невеликою кількістю етапів і незначним числом виконавців переважно використовуються *лінійні графіки* (графіки Ганта).

За структурою такий календарний план можна розділити на дві частини:

- ліву, де наводяться перелік та характеристика робіт, які підлягають виконанню (тобто назва роботи, її обсяг, трудомісткість і тривалість виконання, професійний склад та кількість виконавців тощо);

- праву, де за допомогою горизонтальних ліній, які в масштабі часу відображають тривалість виконання робіт, визначається їх початок і закінчення, а також взаємозв'язки.

Загальна процедура формування календарного лінійного плану включає такі етапи:

- визначення переліку й обсягів робіт, що підлягають виконанню;
- підрахунок їх трудомісткості;
- розподіл робіт між виконавцями;
- розрахунок тривалості виконання робіт;
- формування вихідного варіанта календарного плану;
- приведення календарного плану у відповідність до заданих обмежень у часі.

Трудомісткість для окремої стадії чи етапу зі створення й освоєння нової продукції визначається за формулою

$$T_{pi} = t_i^n \cdot O_i,$$

в t_i^n - нормативна трудомісткість i -го виду роботи, нормо-годин на одиницю;

O_i - показник обсягу i -го виду роботи, одиниць (сторінок тексту, листів креслень, технологічних процесів і т.д.).

Нормативна трудомісткість розраховується залежно від групи складності конструкції виробу з урахуванням її новизни та складності:

$$t_i^n = a + b \cdot x^k$$

в a, b, k - змінні коефіцієнти, що залежать від виду й складності роботи;

x — група складності роботи.

Тривалість циклу стадії чи етапу в робочих днях при укрупнених розрахунках визначається за формулою

$$T_{ei} = \frac{T_{pi} \cdot k_{da}}{p \cdot T_{zm} \cdot k_{en} \cdot 3},$$

в k_{da} - коефіцієнт, який враховує додаткові затрати часу, що не передбачені нормативами (1,1-1,5);

p - кількість виконавців, які одночасно виконують роботу етапу або стадії;

T_{zm} - тривалість однієї робочої зміни, годин;

k_{en} - коефіцієнт виконання норм;

З - число робочих змін на добу.

Тривалість циклу в календарних днях визначається шляхом ділення тривалості циклу в робочих днях на коефіцієнт переведення робочих днів у календарні. Цей коефіцієнт дорівнює відношенню номінальної кількості робочих днів у році до календарної кількості, середнє його значення можна приймати рівним 0,7.

Виконання робіт з створення нової продукції може бути організоване у послідовній або у паралельно-послідовній формах.

За послідовного виконання робіт загальна тривалість циклу створення нової продукції розраховується за формулою

$$T_{\text{ц}}^{\text{п}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ст}i},$$

де n – кількість стадій чи етапів.

У такому випадку всі роботи виконуються одна за другою без суміщення. Проте на практиці досить часто виконання робіт на окремих стадіях чи етапах суміщують у часі, тобто наступна робота починається ще до завершення попередньої.

За паралельно-послідовного виконання робіт загальна тривалість циклу розраховується за формулою

$$T_{\text{ц}}^{\text{п-п}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{ст}i} - \sum_{i=1}^{n-1} \tau_{(i \rightarrow i+1)},$$

де $\tau_{(i \rightarrow i+1)}$ - тривалість сумісного виконання двох логічно пов'язаних робіт.

При великій кількості робіт, проектуванні складної продукції та технології, що потребує залучення значного числа виконавців, формування календарних планів із використанням лінійних графіків ускладнюється й стає неефективним. Тому при розробленні календарних планів реалізації складних проектів створення нової продукції використовують сіткові моделі.

Сітковою моделлю (графіком) називають графічне зображення комплексу робіт (операцій) у логічній послідовності їх виконання з відображенням наявних технологічних та організаційних взаємозв'язків.

При сітковому плануванні розраховуються наступні параметри:

1. *Тривалість виконання робіт*, яка може визначатися:

- детерміновано, тобто однозначно з достатньою достовірністю;

- імовірісно, тобто час виконання робіт коливається в досить широких межах і є випадковою величиною.

У першому випадку трудомісткість розраховується за нормативним методом з урахуванням кількості виконавців (див. лінійні графіки).

У ймовірнісних сіткових графіках тривалість робіт розраховується на основі даних про реалізацію аналогічних проектів з урахуванням думок кваліфікованих експертів як імовірнісна величина, що визначається або трьома параметрами часу: мінімально необхідним t_{\min} , максимально необхідним t_{\max} та найбільш імовірним $t_{\text{н.і}}$ або двома параметрами: t_{\min} та t_{\max} . Тривалість виконання роботи, що очікується, визначають шляхом статистичного усереднення вказаних імовірнісних оцінок. Зрозуміло, що точність визначення у цьому випадку залежить від розкиду $t_{\min}; t_{\max}$. Чим ближче ці величини, тим надійнішою буде оцінка тривалості роботи.

Якщо використовуються три оцінки часу, то очікувану тривалість роботи визначають за формулою

$$t_{\text{оч}} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{н.і}} + t_{\max}}{6},$$

а якщо дві - за формулою

$$t_{\text{оч}} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5},$$

де t_{\min} - мінімальна тривалість роботи при сприятливих умовах її виконання;

t_{\max} - максимальна тривалість роботи при несприятливих умовах її виконання;

$t_{\text{н.і}}$ - найбільш імовірна тривалість роботи, тобто тривалість її виконання за нормальних умов (які найчастіше зустрічаються).

Оскільки робота на сітковому графіку визначається початковою (i -тою) та завершальною (j -тою) подіями, то найбільш часто очікувану тривалість кожної роботи позначають t_{ij} .

Тривалість робіт оцінюється в одиницях часу (годинах, днях, тижнях, місяцях, роках тощо).

2. *Тривалість шляху* у сітковому графіку (будь-якої неперервної послідовності робіт між двома подіями) дорівнює сумі тривалостей робіт, які належать цьому шляху, тобто

$$T_{L_i} = \sum t_{ij}.$$

Максимальний за тривалістю шлях, який веде від початкової до завершальної події графіка, називається критичним шляхом:

$$T_{L_{кр}} = T_{L(i \rightarrow e)_{\max}}.$$

3. *Ранній строк (термін) настання будь-якої події (T_{pi})* досягнеться тоді, коли будуть виконані всі роботи, які знаходяться на максимально тривалому шляху від вихідної події до даної, тобто:

$$T_{pi} = T_{L(i \rightarrow i)_{\max}}.$$

4. *Пізній строк (термін) настання події (T_{pi})* дорівнює різниці між тривалістю критичного шляху і максимальною тривалістю з усіх можливих шляхів від даної події до завершальної:

$$T_{pi} = T_{L_{кр}} - T_{L(i \rightarrow e)_{\max}}.$$

При цьому:

- для будь-якої події, що розташована на критичному шляху, ранній і пізній строки (терміни) її настання рівні між собою;

- для завершальної події сіткового графіка ранній та пізній строки (терміни) її настання рівні між собою й дорівнюють тривалості критичного шляху;

- взагалі тривалість критичного шляху визначає мінімально можливу загальну тривалість виконання всього комплексу робіт, що становить сітковий графік;

- для вихідної події сітки її ранній і пізній строки настання дорівнюють нулю.

5. *Резерв часу події (R_i)* є мірою її критичності й визначається різницею між пізнім і раннім строками її настання

$$R_i = T_{ni} - T_{pi}.$$

Для подій, що розташовані на критичному шляху, резерв часу відсутній, тобто дорівнює нулю.

6. *Ранній початок роботи* (T_{pnj}) — це найбільш ранній час, коли вона може бути розпочата. Він дорівнює ранньому строку настання початкової події роботи:

$$T_{pnj} = T_{pi}.$$

Ранній початок усіх робіт, що починаються з вихідної події, дорівнює нулю.

7. *Раннє закінчення роботи* (T_{psj}) дорівнює сумі її раннього початку і тривалості цієї роботи

$$T_{psj} = T_{pnj} + t_j.$$

8. *Пізнє закінчення роботи* (T_{nsj}) — це найбільш пізній із можливих строків її завершення, при якому не буде змінюватися тривалість критичного шляху (загальний термін виконання комплексу робіт). Пізній строк закінчення роботи дорівнює пізньому строку настання її завершальної події

$$T_{nsj} = T_{nj}.$$

9. *Пізній початок роботи* (T_{nnj}) дорівнює різниці між її пізнім завершенням і тривалістю цієї роботи

$$T_{nnj} = T_{nsj} - t_j.$$

10. *Повний (загальний) резерв (запас) часу роботи* (R_{nj}) - це кількість часу, на яку можливо збільшити тривалість цієї роботи, не змінюючи пізнього строку настання завершальної події сіткового графіка, тобто не змінюючи тривалості критичного шляху. Повний (загальний) резерв часу роботи дорівнює різниці між пізнім та раннім закінченням роботи

$$R_{nj} = T_{nsj} - T_{psj} = T_{nj} - T_{pi} - t_j.$$

11. Вільний резерв часу роботи (R_{xy}) визначають як різницю між раннім початком наступної роботи та раннім закінченням даної роботи, тобто

$$R_{xy} = T_{pk} - T_{py} = T_{pj} - T_{pi} - t_y.$$

Для робіт, які знаходяться на критичному шляху, повний і вільний резерви часу дорівнюють нулю.

Розрахунок сіткового графіка доцільно проводити в табличній формі за строками настання подій у наступній послідовності:

- креслиться таблиця розрахунку сіткового графіка. Кількість горизонтальних рядків таблиці дорівнює кількості робіт сіткового графіка;

- до таблиці заносяться коди робіт та їх тривалість. Роботи заносяться відповідно до порядку зростання номерів їх початкових і кінцевих подій;

- у випадку ймовірнісного оцінювання тривалості робіт її значення розраховується за наведеними вище формулами визначення очікуваної тривалості робіт;

- розраховуються ранні терміни настання подій. Рекомендується спочатку розрахувати T_{pi} , а потім T_{pj} . Розрахунки здійснюються послідовно від першої події до останньої, тобто "зверху - донизу";

У процесі розрахунків треба пам'ятати, що для збіжних (однакових) номерів початкових і кінцевих подій різних робіт $T_{pi} = T_{pj}$. Це, з одного боку, полегшує розрахунок, а з другого - є засобом перевірки розрахунків.

- визначаються пізні терміни настання кінцевих подій робіт;

- визначаються терміни початку та завершення робіт;

- визначаються резерви часу подій та робіт.

Реалізація кожного проекту, як правило, обмежується у часі та за використанням ресурсів. Тому після побудови і розрахунку сітковий графік піддається коригуванню – оптимізації за цими двома напрямками.

Перший етап оптимізації полягає в аналізі сіткового графіка, що дозволяє оцінити доцільність його структури, визначити ступінь складності виконання кожної роботи, ймовірність настання події у встановлений термін.

Рівень напруженості виконання кожної роботи сіткового графіка (крім робіт критичного шляху) характеризується *коефіцієнтом напруженості роботи*:

$$k_{n,y} = \frac{T_{L,max} - T'_{L,sp}}{T_{L,sp} - T'_{L,sp}},$$

де $T_{L,max}$ - тривалість максимального шляху, який проходить через дану роботу і веде від початкової до завершальної події графіка;

$T_{L,sp}$ - тривалість критичного шляху;

$T'_{L,sp}$ - відрізок, на якому $T_{L,max}$ і $T_{L,sp}$ співпадають.

Роботи, які мають однакові повні резерви часу, можуть мати різні $k_{n,y}$, тобто резерв недостатньо повно характеризує складність їх виконання. Роботи з коефіцієнтом напруженості $k_{n,y} = 0,8 \div 0,9$ відносяться до критичної зони і називаються роботами підкритичного шляху. Роботи з коефіцієнтом напруженості $k_{n,y} < 0,8$ мають частину вільних ресурсів, які можуть бути передані для використання на роботах критичного і підкритичного шляху.

Оптимізація сіткового графіка за часом проводиться тоді, коли тривалість критичного шляху перевищує встановлену директивну тривалість виконання всього комплексу робіт ($T_{L,sp} > T_{dir}$). Зменшення тривалості робіт критичного, а за необхідності і підкритичного шляху досягається:

а) зміною топології графіка, тобто поділом певної роботи на декілька простіших робіт, які можна виконувати паралельно;

б) переведенням працівників з робіт, які мають значні резерви часу (враховуються значення коефіцієнтів напруженості робіт), на виконання критичних робіт. В результаті досягається вирівнювання резервів часу робіт та скорочення загальної тривалості критичного шляху;

в) зміною термінів початку та закінчення робіт в межах повного резерву часу їх виконання.

Прикладом оптимізації сіткового графіка за використанням ресурсів може бути оптимізація за критерієм рівномірності завантаження задіяних працівників.

Її суть полягає у згладжуванні “піків” і “провалів” на графіку використання працівників. Згладжування виконується на тих роботах, що мають резерви часу, шляхом “переміщення” або “розтягнення” строків їх виконання.

Оптимізація завантаження задіяних працівників здійснюється шляхом побудови “карти проекту”, тобто графіка щоденної потреби у працівниках, у наступній послідовності:

а) будується лінійна діаграма, в якій по осі абсис наноситься рівномірна шкала часу (від 0 до $T_{L, \text{ф}}$);

б) кожна робота зображається паралельною осі абсис (вище від неї) полоскою, довжина якої рівна тривалості роботи. Роботи на діаграму наносяться по ранніх строках (термінах) настання початкової події і розташовуються знизу вверх просторово у порядку зростання індексів “ i ” та “ j ”;

в) щоденна потреба у працівниках визначається як сума задіяних на кожній роботі у даний період виконавців і зображається на нижній частині діаграми (нижче осі абсис) у вигляді стовпчикової діаграми. Ця діаграма дозволяє наочно показати дні з максимальною і мінімальною потребою в працівниках;

г) для вирівнювання потреби в працівниках аналізується можливість пересування вправо окремих робіт з періодів, у яких задіяна надлишкова чисельність персоналу. Аналіз починається з першого такого періоду. Переважно пересуваються роботи, які мають максимальний повний резерв часу, а далі – по мірі зменшення цього резерву. Не допускається перенесення робіт критичного шляху, лише у випадку крайньої потреби пересуваються роботи, виконання яких розпочалося раніше;

д) після досягнення бажаної чисельності виконавців на першому проаналізованому етапі будується нова лінійна діаграма і за аналогічною схемою проводиться оптимізація для наступного періоду і т.д. Розглянувши таким чином кожен період, можна досягти встановленої чисельності виконавців.

Задача 1.

На основі нижче наведених даних побудувати лінійний графік технічної підготовки виробництва і визначити тривалість її циклу. Розрахунки тривалості циклу провести для послідовного і послідовно-паралельного виду виконання робіт.

Вихідні дані для розрахунку приведені в *таблицях 1 та 2*.

Тривалість робочого дня – 8 год.

Коефіцієнт паралельності виконання суміжних робіт $0,25 \cdot (T_{ці}) \text{ min.}$

Таблиця 1

№	НАЗВА РОБІТ	Трудомісткість робіт на 1 оригінальну деталь, л/год.	Чисельність виконавців, чол.
1.	Розробка конструкторських креслень	15,0	22
2.	Контроль конструкторських креслень	2,5	10
3.	Відпрацювання креслень на технологічність	4,0	12
4.	Проектування технологічних процесів виготовлення виробу	18,0	19
5.	Проектування технологічного оснащення	12,0	11
6.	Виготовлення технологічного оснащення	2,0	18

Таблиця 2

Варіант	Кількість оригінальних деталей, шт.	Середній процент виконання норм	Варіант	Кількість оригінальних деталей, шт.	Середній процент виконання норм
1	650	110	12	785	117
2	675	115	13	790	118
3	700	111	14	795	119
4	710	112	15	800	120
5	720	113	16	805	121
6	730	120	17	810	123
7	740	119	18	815	118
8	750	118	19	820	116
9	760	117	20	825	121
10	770	108	21	830	120
11	780	116	22	850	115

Запитання для самоконтролю знань

1. Різновидності потокового виробництва.
2. Дайте визначення виробничої потужності.
3. Дайте пояснення термінам проектна потужність, поточна потужність, резервна потужність.
4. Від чого залежить виробнича потужність? Які є шляхи збільшення виробничої потужності?
5. Назвіть методи визначення виробничої потужності.
6. Що називають коефіцієнтом спряженості і для чого його використовують?
7. Дайте визначення пропускну здатності.
8. Від чого залежить пропускну здатність підприємства (установи)?
9. Що показує показник обертаність одного місця?
10. Що вивчає теорія масового обслуговування?
11. Назвіть показники ефективності системи масового обслуговування.