

С.М. ПОГОРЕЛОВ, Т.О. КОБЕЛЄВА, В.С. САМОЙЛЕНКО

ВИКОРИСТАННЯ СІТЬОВОГО МЕТОДУ ПЛАНУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ СТВОРЕНІ Й ОСВОЄННІ НОВОЇ ТЕХНІКИ

В статті розглянуто теоретико-методичні питання планування інноваційних процесів, які здійснюються головним чином за допомогою лінійних (чи стрічкових) графіків Ганта і сітьових методів. Лінійні графіки, як правило, укрупнено відбивають процес створення й освоєння нової техніки (СОНТ) у масштабі часу по основних його стадіях чи етапам. При цьому передбачають, де це можливо, паралельно-послідовне чи паралельне виконання робіт (етапів). Лінійним графікам властиві такі недоліки: умовність при визначенні загальних термінів розробки; неможливість встановлення важливості кожної з робіт для досягнення кінцевої мети; труднощі із внесенням коректив у зв'язку зі змушеними простоями і відстрочками за окремими суміжними роботами; неможливість багатоваріантного прогнозування; труднощі із автоматизацією планово-облікових робіт. Ці недоліки значною мірою усуваються застосуванням систем сітьового планування і управління (СПУ). Ця система являє собою комплекс графічних і розрахункових методів, організаційних заходів і контрольних прийомів, що забезпечують моделювання, аналіз і динамічну перебудову плану виконання складних проектів. СПУ є одним з методів кібернетичного підходу до управління складними динамічними системами з метою забезпечення визначених оптимальних показників, наприклад, мінімального часу виконання всього комплексу робіт чи мінімальної вартості розробки. Реалізація досягнень НТП при створенні, виробництві й експлуатації нової техніки підвищує її ефективність і конкурентоздатність у порівнянні з застосовуваною технікою. З іншого боку, безперервність НТП і прискорення його темпів скорочують період ефективності конкретних моделей техніки і зменшують їх сумарний економічний ефект, а відповідно і їхню конкурентоздатність за період використання. У цьому виявляється взаємозв'язок економічної ефективності нової техніки і її морального зносу. Ця форма впливу НТП на економічну ефективність нової техніки висуває в число найважливіших факторів часу. Прогреш у часі може звести до нуля ефективність найбільш прогресивних на момент розробки технічних засобів. Для більш раннього виходу на ринок особливо важливо при цьому скорочення періоду створення й освоєння виробництва нової моделі і періоду освоєння її проектного випуску.

Ключові слова: планування, сітьовий метод, процес, інновація, створення, оновлення, техніка, освоєння

S.M. POGORYELOV, T.O. KOBYELEVA, V.S. SAMOILENKO

USE OF THE NETWORK METHOD OF PLANNING INNOVATIVE PROCESSES IN THE CREATION AND DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGY

The article deals with the theoretical and methodological issues of planning innovative processes, which are carried out mainly with the help of linear (or tape) Gantt charts and network methods. Linear graphs, as a rule, reflect the process of creation and development of new technology (SNT) in a time scale by its main stages or stages. At the same time, where possible, parallel-serial or parallel execution of works (stages) is provided. Linear graphs are characterized by the following disadvantages: conventionality in defining general terms of development; impossibility of establishing the importance of each of the works to achieve the final goal; difficulties in making corrections in connection with forced downtimes and postponements for separate related works; impossibility of multivariate forecasting; difficulties with the automation of planning and accounting work. These shortcomings are largely eliminated by the use of network planning and management (NMP) systems. This system is a complex of graphic and calculation methods, organizational measures and control methods that provide modeling, analysis and dynamic restructuring of the execution plan of complex projects. SPU is one of the methods of the cybernetic approach to the management of complex dynamic systems with the aim of ensuring the determined optimal indicators, for example, the minimum time for completing the entire set of works or the minimum cost of development. Realization of NTP achievements in the creation, production and operation of new equipment increases its efficiency and competitiveness in comparison with the used equipment. On the other hand, the continuity of NTP and the acceleration of its pace shorten the period of effectiveness of specific models of equipment and reduce their total economic effect, and accordingly, their competitiveness during the period of use. This reveals the relationship between the economic efficiency of new technology and its moral wear. This form of influence of NTP on the economic efficiency of new technology makes the time factor one of the most important. A loss in time can reduce to zero the effectiveness of the most advanced technical means at the time of development. For an earlier entry into the market, it is especially important to shorten the period of creation and mastery of production of a new model and the period of mastery of its design release.

Keywords: planning, network method, process, innovation, creation, renewal, technique, development

Планування інноваційних процесів здійснюється головним чином за допомогою лінійних (чи стрічкових) графіків Ганта і сітьових методів. Лінійні графіки, як правило, укрупнено відбивають процес створення й освоєння нової техніки (СОНТ) у масштабі часу по основних його стадіях чи етапам. При цьому передбачають, де це можливо, паралельно-послідовне чи паралельне виконання робіт (етапів). Область застосування лінійних графіків обмежена порівняно простими об'єктами, що містять не більш 50 робіт.

Лінійним графікам властиві такі недоліки: умовність при визначенні загальних термінів розробки; неможливість встановлення важливості кожної з робіт для досягнення кінцевої мети; труднощі із внесенням коректив у зв'язку зі змушеними простоями і відстрочками за окремими суміжними роботами; неможливість багатоваріантного прогнозування; труднощі із автоматизацією планово-облікових робіт. Ці недоліки

значною мірою усуваються застосуванням систем сітьового планування і управління (СПУ). Ця система являє собою комплекс графічних і розрахункових методів, організаційних заходів і контрольних прийомів, що забезпечують моделювання, аналіз і динамічну перебудову плану виконання складних проектів. СПУ є одним з методів кібернетичного підходу до управління складними динамічними системами з метою забезпечення визначених оптимальних показників, наприклад, мінімального часу виконання всього комплексу робіт чи мінімальної вартості розробки.

Метод СПУ має такі переваги: подає детальні тимчасові характеристики складових частин планового процесу; дає можливість з визначеним ступенем точності встановити загальний термін розробки; дозволяє виділити роботи, що визначають терміни виконання проектів і оперативно розглядати всі зміни в цьому процесі; виявляє важливість окремих робіт у їхньому загальному переліку;

дозволяє наочно уявити послідовність робіт; передбачає багатоваріантність рішень і використання ЕОМ для цих цілей; дає можливість визначити реальні потреби в ресурсах і найбільше доцільно розподілити їх у часі.

У той же час сітьові моделі мають недоліки, до числа яких відносять наступні.

1. Складність відображення елементами сітьової моделі процесів безупинної послідовності передачі часткових результатів попереднього етапу наступному, наприклад, безупинну передачу креслень оснащення в інструментальні цехи чи готового оснащення — у виробничі цехи.

2. Неможливість відображення зворотних внутрішніх зв'язків між окремими групами робіт (частковими сітьми). Необхідність відображення такого роду впливів виникає, наприклад, при поверненні технічної документації у вихідні підрозділи для доробки за результатами випробувань.

3. Труднощі застосування сітьових методів для планування і моделювання процесів освоєння і переходу на випуск нової продукції. У цей період на вибір рішення впливає більше число факторів, чим може бути враховане за допомогою сітьового графіка.

У зв'язку з цим у процесі застосування СПУ варто враховувати відзначені недоліки для більш ефективного використання зазначеного методу.

Основним інструментом методів СПУ є сітьовий графік (чи сітьова модель), що є інформаційно-динамічною моделлю комплексу робіт для досягнення мети планування. Сітьовий графік відповідно до теорії графів являє собою орієнтований граф, що відбиває (моделює) комплекс робіт з урахуванням їх послідовності виконання і взаємозв'язку.

Сітьовий графік включає два основних елементи: роботу і подію (рис.).

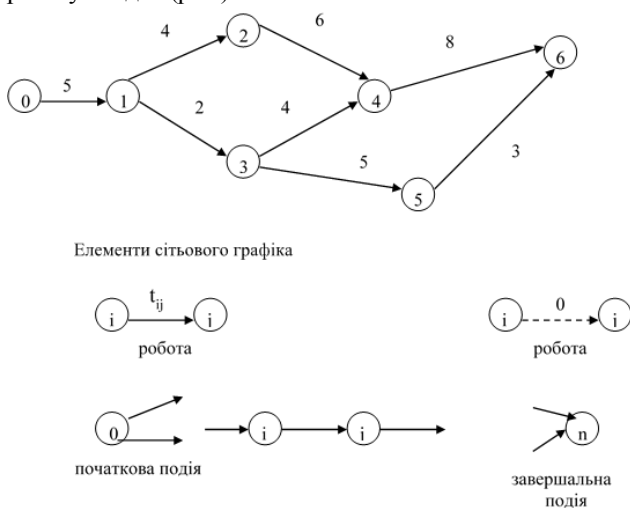


Рис. - Сітьовий графік і його елементи

Робота являє собою процес будь-якої природи, що веде до досягнення цілей планування. Робота може бути чи трудовий процес, що вимагає витрат часу і ресурсів, чи процес чекання (очікування запасних частин на випробуваннях дослідних зразків, затримки з постачанням матеріалів для їх виробництва та інше), що вимагає лише витрат часу. В усіх випадках робота - це процес, що відбувається в часі. На графіку робота зображена

безрозмірною стрілкою. Крім дійсних робіт, тобто таких, що вимагають витрат часу, існують так звані фіктивні роботи, що використовуються з метою показати логічний зв'язок між результатами робіт (подіями). Вони зображуються пунктирними стрілками і не зв'язані з витратою часу і ресурсів. Час, що витрачається на роботу (тривалість), відзначають над стрілкою. Для фіктивних робіт він дорівнює нулю і проставляється над пунктирними стрілками. Подією називають результат проведеної роботи, це факт завершення попередніх робіт і разом з тим факт готовності до початку наступних робіт. Тривалість будь-якої події дорівнює нулю. Подія не здійсниться доти, поки не буде виконана найтриваліша з попередніх робіт.

Формулювання події записують завжди в доконаній формі, що виключає різне його тлумачення. У сітьовому графіку подія зображується кружком, прямокутником чи іншою геометричною фігурою, у якій відзначається порядковий номер події або її шифр, а іноді і її назва.

Розрізняють кілька видів подій (див. рис.). Початкова (вихідна) подія формулює умови початку виконання комплексу робіт. Вона не має робіт, що передували б їй. Завершальна подія відбиває кінцеву мету розробки. Вона не має робіт, що відбувалися б безпосередньо за нею. В одноцільовому сітьовому графіку одна вихідна й одна завершальна подія. Подія, за яким безпосередньо починається дана робота (роботи), називається початковою для цієї роботи. Відповідно цим подіям роботи називаються безпосередньо наступними (вихідними) і безпосередньо попередніми (вхідними).

При побудові сітьового графіка варто дотримувати визначених правил.

1. Потік часу в моделі повинний йти зліва направо і зверху вниз.

2. Графік повинний мати лише одну вихідну й одну завершальну подію (для одноцільової моделі).

3. Графік не повинний мати циклів, тобто шлях не повинний проходити кілька разів через ту саму вершину (подія).

4. Модель не повинна мати "тупиків", тобто подій, що не мають попередніх чи наступних робіт крім вихідного і завершальних.

5. Між двома подіями може бути проведена лише одна робота; якщо необхідно провести дві роботи, то вводять додаткову подію і фіктивну роботу.

При розробці сітьової моделі комплексу можуть бути поставлені кілька цілей. Наприклад, для освоєння нової моделі автомобіля потрібно здійснити проектування і виготовлення дослідної серії машин, реконструювати пресовий корпус і провести будівельно-монтажні роботи по других цехах. У даному випадку комплексна сітьова модель буде мати кілька завершальних подій відповідно поставленим цілям.

Сітьові моделі, що мають одну завершальну подію, називаються одноцільовими, а які мають кілька завершальних подій — багатоцільовими. Однак для розрахунку сітьового графіка умовно вводиться одна завершальна подія і фіктивні роботи, для яких початковими подіями є реальні завершальні події, а кінцевою зазначена вище умовна завершальна подія.

Сітки підрозділяються на комплексні, часткові і первинні.

Комплексні (зведені) сітки включають усі роботи всього комплексу, виконувани різними організаціями.

Часткові включають частина робіт комплексу, виконувани окремими організаціями (службами), наприклад сітка впровадження технологічного процесу зварювання кузова.

Первинні охоплюють роботи, виконувани окремими відповідальними виконавцями.

При «зшиванні» сіткової моделі з первинних сіток (фрагменти сітки) складаються часткові, а з останніх будуються комплексні сітки.

Якщо в сітковій моделі всі роботи і їхній взаємозв'язок точно визначені, то така сітка називається детермінованою. Якщо ж усі роботи комплексу включені в сітку з деякою імовірністю, то така сітка називається вірогідною. Може бути і змішана структура сіткової моделі.

Визначення тривалості робіт сіткового графіка залежить від його структури. Для сіткового графіка з детермінованою структурою тривалість робіт визначається на основі нормативів і знайденої з їхньою допомогою трудомісткості, а також кількості виконавців. При цьому використовується вищенаведена формула (див. розд. 13.2). Визначення тривалості робіт для графіків з вірогідною структурою здійснюється по вірогіднісним оцінках. Для рішення цього питання необхідно знати закон розподілу імовірностей часу виконання робіт. Тоді задача зводиться лише до визначення параметрів цього розподілу для кожної роботи. Численні дослідження в нас і за рубежом дозволили вибрати як типовий розподіл тривалості робіт так називаний бета – розподіл (\square -розподіл). При цьому розрахунок тривалості робіт може бути виконаний по трьох оцінках або по двох оцінках. В другому випадку помилка збільшується не більше ніж на 1%, але помітно знижується трудомісткість розрахунків. Очікувана тривалість робіт (математичне очікування) визначається по формулі:

при трьох оцінках

$$\bar{t}_{оч} = \frac{t_{мін} + 4t_{нї} + t_{макс}}{6}, \quad (1)$$

при двох оцінках

$$\bar{t}_{оч} = \frac{3t_{мін} + 2t_{макс}}{5}, \quad (2)$$

де: $\bar{t}_{оч}$ - очікуване (середнє) значення тривалості виконання роботи;

$t_{мін}$ - мінімальна тривалість роботи (за умови сприятливого збігу обставин – оптимістична оцінка);

$t_{макс}$ - максимальна тривалість роботи (за вкрай несприятливого збігу обставин-песимістична оцінка);

$t_{нї}$ - найбільш ймовірна тривалість роботи (за нормальних умов виконання роботи, які зустрічаються найчастіше).

Після визначення тривалості окремих робіт починають розрахунок основних часових параметрів сіткового графіку. Взагалі для розрахунку вихідних характеристик сіткової моделі можуть бути використані: мова подій; мова робіт; розрахунок параметрів безпосередньо на сітковому графіку; за допомогою матриць ручного рахування; за алгоритмом Форда та ін.

Протягом розрахунку сіткового графіка визначаються такі параметри: ранні та пізні строки здійснення подій; тривалість шляхів; строки початку і завершення робіт; резерви часу подій та робіт.

Параметри сіткової моделі розраховують у певній послідовності.

Ранній строк звершення події t_j^P відбиває найбільш ранній з можливих строків звершення певної події. Строк її звершення визначається величиною максимального шляху від вихідної до розглядуваної події (розраховується зліва направо у сітковій моделі). Він характеризує виконання всіх робіт, які передують даній події. Ранній строк звершення наступної події $t_{jр}$ визначається за формулою

$$t_j^P = \max(t_i^P + t_{ij}), \quad (3)$$

де: t_j^P - ранній строк звершення попередньої події і;

t_{ij} - тривалість роботи іj між і-ю та j-ю подіями.

Для початкової роботи ранній строк звершення рівняється нулю.

Пізній строк звершення події t_j^n характеризує час найбільш пізнього з допустимих строків завершення тієї чи іншої події, перевищення якого відібується на затримці настання завершальної події (розрахунок ведеться з праворуч наліво від кінцевої до розглядуваної події). Він визначається за формулою:

$$t_j^n = \min(t_j^n - t_{ij}), \quad (4)$$

де: t_j^n - пізній строк здійснення наступної події.

Ранній строк здійснення завершальної події $t_{р}$ дорівнює тривалості виконання комплексу робіт за проектом.

Знаючи ранні та пізні строки звершення подій, можна визначити ранні і пізні строки початку і завершення будь-якої роботи. Так, ранній початок будь-якої роботи співпадає з раннім строком звершення її попередньої події.

Раннє завершення роботи дорівнює сумі її раннього початку та тривалості.

Пізнє завершення роботи співпадає з пізнім строком її наступної події.

Пізній початок роботи дорівнює різниці між пізнім строком її наступної події і тривалістю роботи.

Важливими параметрами з точки зору оптимізації сіткового графіку являються резерви часу подій і робіт. Резерв часу події R_i - це такий проміжок часу, на який може бути відстрочене звершення цієї події без порушення загальної тривалості розробки. Він визначається як різниця між пізнім і раннім іп строками звершення події

$$R_i = t_i^n - t_i^P \quad (5)$$

Резерви часу роботи іj розрізняють на повний та вільний резерви часу. Повний резерв часу будь-якої роботи R_{ij}^n дорівнює різниці між пізнім строком завершення наступної події t_j^n та сумою раннього строку звершення попередньої події t_j^P та тривалості роботи t_{ij} .

Повний резерв часу роботи відбиває, наскільки може бути збільшена її тривалість або відстрочений початок, щоб тривалість максимального шляху, що проходить через неї, не перевищила тривалості виконання всього комплексу робіт. Особливість цього резерву часу полягає в тому, що при його повному або частковому використанні

для збільшення тривалості будь-якої роботи відповідно зменшиться резерв часу решти всіх робіт які лежать на цьому шляху. При використанні повного резерву часу роботи цілком для однієї роботи резерви часу решти робіт, які лежать на шляху, що проходить через цю роботу, будуть повністю вичерпані, оскільки повний резерв часу роботи належить не одній роботі, а всім роботам, що лежать на шляхах, які проходять через цю роботу.

Вільний резерв часу будь-якої роботи - це максимальна кількість часу, на який можна збільшити її тривалість, не змінюючи при цьому ранніх строків початку наступних робіт. У цьому розумінні вільний резерв - це незалежний резерв, тому що його використання на будь-якій роботі не змінює розміру вільних резервів решти робіт сітьової моделі.

Вільний резерв часу роботи R_{ij}^e - визначається як різниця між раннім строком завершення наступної події t_j^p та сумою раннього строку звершення попередньої події t_i^p та тривалості роботи t_{ij} .

Вільний резерв часу утворюється в роботі, що безпосередньо передує подіям, у яких перетинаються шляхи різної тривалості.

Послідовність взаємозв'язаних подій та робіт на сітьовому графіку називається шляхом. Довжина шляху визначається як сума тривалостей усіх робіт, які лежать на цьому шляху. Найбільший за тривалістю шлях називається критичним, а роботи, що лежать на критичному шляху - критичними. Як правило, вони становлять невелику частину всіх робіт сітки, але саме вони визначають тривалість виконання всього комплексу робіт за конкретним проектом. Найменша відстрочка з їх початком призводить до збільшення тривалості всієї розробки. Визначення критичного шляху становить чи не найголовнішу перевагу СПУ. За критичним шляхом проводять оптимізацію моделі.

Роботи, які лежать на критичному шляху, якимось чином виділяють на сітьовому графіку (кольоровими, подвійними лініями або в інший спосіб). Вони проходять від вихідної до завершальної події. Тривалість критичного шляху $T_{кр}$ дорівнює ранньому строку звершення завершальної події сітьового графіку t_j^p .

У сітьових графіках існують інші, шляхи, як послідовність робіт, що включає вихідну та завершальну події (повні шляхи). Тривалість повного шляху, який проходить через роботу ij дорівнює:

$$T_{ij} = T_{кр} - R_{ijn} \quad (6)$$

Шляхи, які за тривалістю менші від критичного шляху, називаються ненапруженими. Для ненапружених шляхів характерною є властивість: на ділянках, які не співпадають з критичною тривалістю робіт, вони мають резерви часу. Це означає, що затримка у виконанні робіт і здійсненні подій, які не лежать на критичному шляху, до певного моменту (до вичерпання наявних резервів) не впливають на строки завершення розробки загалом.

Після розрахунку параметрів сітьового графіка має бути проведений його всебічний аналіз та реалізовані заходи для його оптимізації. При цьому аналізуються структура графіка, трудомісткість і тривалість виконання кожної роботи, ймовірність завершення проекту у заданий строк та завантаження виконавців. Аналіз сітьового

графіка передбачає також розрахунок коефіцієнтів напруженості робіт K_{ij}^n . Цей коефіцієнт являє собою відношення тривалості повного шляху, що проходить через дану роботу, до критичного шляху:

$$K_{ij}^n = \frac{T_{ij}}{T_{кр}} \quad (7)$$

На основі цього коефіцієнту серед ненапружених шляхів виділяють підкритичні та найменш напружені. Підкритичні шляхи - найближчі за тривалістю до критичного шляху ($K_{ij}^n \geq 0,9$). Вони можуть стати критичними в результаті оптимізації сітьової моделі, тому вони потенційно небезпечні стосовно дотримання строків завершення розробки і входять до зони підвищеного контролю поряд з роботами та подіями критичного шляху. Найменш напружені шляхи значно відрізняються від тривалості критичного шляху. Вони можуть розглядатися як резерв з боку використання трудових і грошових ресурсів, виділених для їх виконання.

Оптимізація сітьового графіка являє собою процес поліпшення організації виконання всього комплексу робіт з урахуванням заданого строку та наявних ресурсів. Оптимізація сітьової моделі за часом полягає в скороченні тривалості критичного шляху. Для цього проводиться ряд заходів. До них належать:

1) перегляд топології сітки, тобто зміна складу або технологічної послідовності окремих робіт та їх взаємозв'язків;

2) скорочення тривалості окремих робіт критичної зони шляхом перерозподілу або залучення додаткових ресурсів, а також поліпшення організації і технології робіт;

3) варіювання строків виконання робіт некритичної зони в межах існуючих у них резервів часу з метою кращого використання наявних ресурсів.

Оптимізація здійснюється шляхом послідовного, іноді багаторазового поліпшення первинного варіанту плану та вибору найкращого з отриманих варіантів за допомогою порівняльного розрахунку.

При оптимізації сітьової моделі з урахуванням зміни часу і величини коштів на розробку використовують залежності "час - витрати". При цьому для кожної роботи встановлюють:

мінімально можливу суму грошових витрат B_m , при якій робота може бути виконана за нормальний час t_n ;

мінімально можливий час виконання роботи t_m , якому відповідатимуть підвищені грошові витрати B_n . На основі цієї залежності можна визначити розміри збільшення витрат у разі необхідності скорочення строку виконання роботи або намітити розмір зменшення строку виконання роботи в разі необхідності зменшення пов'язаних з нею витрат. При цьому розмір додаткових витрат ΔB , необхідних для виконання роботи в скорочений час t_c , знаходиться по формулі:

$$\Delta B = \frac{(B_n - B_m)(t_n - t_c)}{(t_n - t_m)} \quad (8)$$

Розрахунок параметрів сітьового графіка та його оптимізація (особливо якщо сітка містить більше сотні робіт) є досить трудомістким. Тому для його виконання застосовується обчислювальна техніка. Застосування ЕОМ збільшує багатоваріантність задач, що розв'язуються, та полегшує знаходження оптимальних шуканих величин,

а також дозволяє здійснювати контроль за ходом виконання проєктів.

Реалізація досягнень НТП при створенні, виробництві й експлуатації нової техніки підвищує її ефективність і конкурентоздатність у порівнянні з застосовуваною технікою. З іншого боку, безперервність НТП і прискорення його темпів скорочують період ефективності конкретних моделей техніки і зменшують їх сумарний економічний ефект, а відповідно і їхню конкурентоздатність за період використання. У цьому виявляється взаємозв'язок економічної ефективності нової техніки і її морального зносу. Ця форма впливу НТП на економічну ефективність нової техніки висуває в число найважливіших факторів часу. Програш у часі може звести до нуля ефективність найбільш прогресивних на момент розробки технічних засобів. Для більш раннього виходу на ринок особливо важливо при цьому скорочення періоду створення й освоєння виробництва нової моделі і періоду освоєння її проєктного випуску.

Скорочення термінів СОНТ підвищує економічний ефект, по-перше, за рахунок збільшення життєвого циклу нового товару до його морального зносу, а, по-друге, — унаслідок більш швидкого освоєння і реалізації нової техніки і збільшення частки ринку її збуту у середовищі конкуруючих товарів. При цьому варто враховувати, що витрати на СОНТ мають прямий і зворотний вплив на витрати при виробництві й експлуатації техніки. Прямий вплив росту витрат на СОНТ виявляється на наступних стадіях у виді збільшення витрат відшкодування і нагромадження, необхідних для забезпечення простого і розширеного відтворення. Щорічні витрати відшкодування є функцією тривалості періоду відшкодування і включаються в собівартість виробництва техніки. Розмір нагромадження визначається нормою ефективності капітальних вкладень, до яких відносяться до виробничі витрати.

Зворотний вплив витрат СОНТ полягає в зниженні витрат на наступних стадіях ЖЦ техніки. Ця залежність виявляється на відміну від прямого впливу опосередковано і неявно, носить вірогіднісний (стохастичний) характер. Вона є основним наслідком ефективності витрат на створення й освоєння нової техніки, підвищення її технічного рівня і якості. Так, більш ретельне відпрацювання конструкції на надійність, економічність, технологічність, підвищення технологічної оснащеності процесів виготовлення виробів при підготовці їхнього виробництва й інші подібні заходи збільшують витрати на створення й освоєння техніки. Однак це приводить до зниження витрат на стадії виробництва й експлуатації техніки. У цілому внаслідок такого різнонаправленого впливу витрат на СОНТ витрати на кожну з наступних стадій ЖЦ можна представити як суму витрат, що утворюються під прямим і зворотним впливом витрат на СОНТ. Крива цих сумарних витрат як функція витрат на СОНТ закономірно буде мати крапку перегину і мінімальне значення, що відповідає оптимальним витратам на розробку й освоєння нового обладнання.

Це свідчить про наявність істотних передумов для оптимізації процесів СОНТ і планування цієї діяльності, що обумовлює помітну увагу до цього питання. Оптимізація планування СОНТ використовується в

багатьох випадках. Як метод оптимізації часто використовується сіткове планування і управління. Розходження між існуючими підходами полягає у виборі критерію оптимальності й обмежень, що має в задачах оптимізації принципове методологічне значення. В даний час широко поширена тріада критеріїв: ефективність - вартість - час. Перший з них характеризує ефективність створюваної техніки, обумовлену її якістю та конкурентоздатністю, а два інших відносяться до самого процесу її створення. Так, відомі наступні варіанти зазначених характеристик:

- мінімізація відхилень від заданих термінів чи оптимізація термінів комплексу робіт при дотриманні заданих обмежень на використання ресурсів;

- оптимізація деяких показників якості чи використання ресурсів при заданих термінах виконання комплексу;

- мінімізація термінів виконання деяких робіт і рівнів потреби в ресурсах при заданих термінах виконання інших робіт комплексу і лімітах споживання наявних ресурсів.

В іншому випадку розглядається два підходи до встановлення критеріїв оптимізації і планування СОНТ - монокритеріальний (скалярний) і полікритеріальний (векторний). У першому випадку як критерій оптимальності вибирають один із зазначених показників, а інші приймають як обмеження. Метою підсистеми керування розробкою й освоєнням продукції тут є забезпечення у взаємозв'язку з іншими підсистемами розробки продукції необхідної якості у встановлений термін при оптимальних трудових і матеріальних витратах.

Як критерій оптимальності пропонується вибирати один з наступних чотирьох показників: максимізація рівня якості виробу; мінімізація відхилень від директивного терміну розробки; мінімізація грошових витрат на СОНТ; мінімізація витрат праці на СОНТ. Обмеженнями при цьому приймаються інші три показники. При полікритеріальному підході одночасно беруться всі чотири показники. Задається також безліч припустимих умов, що впливають на витрати праці, кошти і тривалість циклу СОНТ.

Одним з основних недоліків подібних підходів до оптимізації планування СОНТ є неврахування взаємозв'язку між зазначеними критеріями. Проведені дослідження в ряді галузей машинобудування експериментально підтверджують наявність достатньо тісної статистичної взаємозалежності між техніко-економічними показниками розроблюваної техніки, застосовуваною технологією й організацією робіт з СОНТ, витратами ресурсів і тривалістю цього циклу. Наприклад, упровадження засобів автоматизації проєктування радіоелектронних пристроїв дозволяє істотно скоротити терміни розробки, хоча витрати при цьому зростають. Таким чином, вибір технології і способів організації СОНТ припускає, по-перше, порівняння термінів виконання визначених робіт з витратами, що забезпечують їхнє виконання даним способом. Причому помилково вважати, що ці два критерії (час і витрати) рівнозначні. Так, скорочення термінів СОНТ супроводжується одержанням додаткового ефекту від застосування швидкого впроваджуваної техніки, що нерідко значно перевищує ріст витрат, що обумовили це скорочення. Крім того,

витрати на розробку й освоєння нової техніки носять переважно локальний внутрішньогалузевий характер, у той час як скорочення термінів її впровадження сприяє прискоренню НТП не тільки в галузях виготовлення і споживання, але й у сполучених галузях і обумовлює ефект на декількох рівнях.

За даними закордонних фірм, застосування дорогої комп'ютерної технології, що дозволяє скоротити цикл створення нової моделі автомобіля на 25%, забезпечує важливу перевагу її перед конкурентами в умовах ринкових відносин. При найгострішій конкуренції машинобудівні компанії індустріально розвинутих країн ведуть паралельну розробку декількох проектів і причому з обов'язковою умовою форсувати процес СОНТ. По кожній програмі встановлюється поріг мінімальних витрат, нижче якого терміни розробки будуть затягуватися і, отже, зросте імовірність їхнього провалу на ринку. Головним фактором, що обумовив інтенсифікацію процесів СОНТ у даний час і в перспективі, називають НТП. Крім того, далеко не всі результати науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок впроваджуються у виробництво. За даними Національного наукового фонду США, промислове застосування знаходять приблизно 50% запатентованих винаходів, розроблених на кошти приватнопромислового сектору, і лише 7-13% - які фінансуються з федерального бюджету.

Поряд з цим, досить чітко виявляється вплив витрат на якість розроблюваної техніки. Наприклад, статистичне дослідження діяльності провідних компаній по виробництву ЕОМ у США показало, що збільшення на 1% витрат на науково-дослідні і дослідно-конструкторські розробки підвищує технічний рівень ЕОМ у середньому на 3-4%.

З огляду на домінуючий вплив процесів СОНТ на ефективність нової продукції, необхідно при плануванні СОНТ виходити з кінцевих результатів її застосування. Чим ефективніше і більш конкурентоздатна техніка, тим більше виправдані витрати на скорочення циклу СОНТ і тим менше повинні бути втрати потенційного ефекту.

Обсяг використаних ресурсів і відповідно витрати на СОНТ варто розглядати як один з основних факторів ефективності та конкурентоздатності нової техніки. У цих витрат, як і будь-яких інших у цілеспрямованій діяльності, свій суспільно необхідний рівень, що визначає ціну розробки. Формування цієї величини обумовлено впливом двох різнонаправлених груп факторів.

З одного боку, функціонує сукупність існуючих методів технології й організації процесів СОНТ, що обумовлюють необхідний обсяг ресурсів для створення техніки необхідної якості за визначений період. Ця група факторів сприяє росту ефективності техніки (за рахунок поліпшення якості) і підвищенню абсолютного значення ефекту (за рахунок поліпшення якості і скорочення термінів СОНТ)). У цьому виявляється споживча вартість ресурсів, застосованих для СОНТ.

З іншого боку, підвищення витрат на СОНТ впливає на скорочення інтегрального ефекту. У цих умовах необхідний такий рівень витрат на СОНТ, що при середньому впливі на ефектотворюючі фактори (якість техніки і тривалість СОНТ) забезпечує максимальний інтегральний ефект за період життєвого циклу товару. Таким чином, суспільно необхідні витрати на СОНТ, що

визначають ціну цих робіт, є їх оптимальним значенням, максимізуючим інтегральний ефект при існуючих умовах і обмеженнях. Питання полягає в пошуку оптимального сполучення споживчої вартості і вартості процесів СОНТ.

Зазначені взаємозв'язки створюють передумови для формування критерію у формі цільової функції, що відбиває кінцеву мету відновлення техніки - соціально-економічний ефект (чи його приріст) при її реалізації в залежності від витрат і тривалості СОНТ. Оптимізація плану СОНТ представляється при цьому як ітераційний процес визначення його оптимального варіанту, починаючи з базового (опорного) плану. У загальному виді цільову функцію в цьому випадку можна представити як приріст інтегрального ефекту за період життєвого циклу товару в порівнянні з базовим варіантом плану.

При оптимізації планування СОНТ з урахуванням впливу цієї стадії на всі наступні складові життєвого циклу товару і кінцеві результати виробництва і реалізації створюваної техніки задача втрачає локальний характер і здобуває основні ознаки системного підходу. У цієї задачі також переважно вірогіднісний характер, що обумовлено властивим для ряду етапів СОНТ високим ступенем невизначеності за результатами і самим ходом процесів.

У зв'язку з цим адекватність цільової функції, заснованої на вірогіднісних залежностях, буде визначатися рівнем техніко-економічних досліджень і прогнозування показників ефекту, тривалості, витрат і ін. При цьому варто враховувати різноманіття способів організації і технології виконання робіт з СОНТ, взаємозв'язок і взаємозамінність методів випробувань, проектування конструкцій, виготовлення дослідних зразків і їхніх елементів. Наприклад, упровадження стендів для випробувань трактора на 30-40% скоротить обсяг наступних експлуатаційних випробувань їхніх дослідних зразків. Використання математичного моделювання, що імітує за допомогою ЕОМ польоти літаків, дозволяє при створенні авіаційної техніки скоротити на 30-40% терміни перевірки технічних параметрів.

Таким чином, процеси СОНТ, їхнє планування і управління є істотним чинником, що впливає на економічну ефективність нової техніки. У зв'язку з цим техніко-економічне обґрунтування СОНТ варто розглядати значно ширше. Крім оцінки ефективності розроблюваної техніки, необхідні також обґрунтування і вибір методів організації і технології, а також визначення обсягу застосованих ресурсів на СОНТ. Оцінка кожного альтернативного варіанту плану СОНТ повинна ґрунтуватися на порівнянні ефекту, витрат і термінів СОНТ.

У конкретних випадках при реалізації даного підходу можна виділити кілька різновидів цільової функції, що класифікуються по трьох групах ознак:

1) по обліку підсумкових показників СОНТ - враховуючі зміну термінів СОНТ або якості (ефективності) нової техніки, або термінів СОНТ і якості нової техніки;

2) по обліку темпів морального зносу - враховуючі темпи морального зносу техніки (для галузей з високими темпами НТП) і не враховуючі темпи її морального зносу;

3) по ступені визначеності обсягу випуску техніки - техніка з детермінованим і вірогіднісним обсягом випуску.

Остання класифікаційна група вимагає деяких роз'яснень. У першому випадку випуск техніки у серійному виробництві заздалегідь визначений і обмежений або потребою в даному виробі (виробник-монополіст), або виробничими потужностями виробника. Другий варіант виникає в умовах функціонування ринку при наявності декількох виробників взаємозамінної продукції. В умовах ринкової економіки обсяги виробництва і реалізації техніки здобувають вірогідніший характер. Зміщуються також акценти у виборі критеріїв ефективної діяльності у бік господарських показників. Обсяг випуску нової техніки буде визначатися ступенем завоювання ринку, тобто часткою даної продукції в задоволенні загальної потреби. У цьому випадку рівень якості і терміни впровадження нової техніки безпосередньо будуть впливати на її оцінку, обсяги реалізації й одержуваний ефект (прибуток). Задача в цьому випадку вимагає проведення попереднього багатопланового дослідження ринку збуту з використанням методів маркетингу, вірогідніших розрахунків і прогнозування.

Список літератури

1. Економіка підприємства: учбовий посібник / За ред. проф. Перерви П.Г., проф. Погорелова М.І., доц. Меховича С.А. –Харків: 2006. - 691 с.
2. Погорелов М.І. Підвищення ефективності інноваційної діяльності підприємства /М.І. Погорелов, Н.Г. Дунь // Вісник НТУ „ХПІ”. Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ „ХПІ”. - 2013. -№ 22 (995) -С. 119-123.
3. Погорелов М.І. Методика определения экономической эффективности ремонта/ Н.И. Погорелов, С.Н. Погорелов // Вісник НТУ „ХПІ”. Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ „ХПІ”. - 2013. -№ 67*(1040) -С. 172-181.
4. Погорелов М.І. Економико-математична модель оцінки рівня ремонтного виробництва /С.М. Погорелов, М.І. Погорелов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. -№ 34 (1077). – С. 11–18.
5. Погорелов М.І. Методика визначення економічної ефективності ремонту / М.І. Погорелов, І.М. Погорелов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. -№ 26 (1135). – С. 167-176.
6. Погорелов М.І. Методика економічного обґрунтування заходів щодо НОТ/ М.І. Погорелов, С. М. Погорелов// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. -№ 60 (1169). – С. 149-154.
7. Погорелов С.М. Методика оцінки рівня організації праці менеджерів // Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут» (економічні науки). Збірник наукових праць. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2018. – № 15 (1291). – С 125-128
8. Погорелов С.М. Особливості застосування інформаційних технологій в менеджменті та економіці // Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут» (економічні науки). Збірник наукових праць. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2018. – № 19 (1295). – С 151-155

References(transliterated):

1. Ekonomika pidpriemstva: uchbovii posibnik / Za red. prof. Perervi P.G., prof. Pogorelova M.I., doc. Mekhovicha S.A. –Harkiv: 2006. - 691 s.
2. Pogorelov M.I. Pidvishchennya effektivnosti innovatsiynoi diyal'nosti pidpriemstva /M.I. Pogorelov, N.G. Dun' // Visnik NTU „HPI”. Seriya: Tekhnichnij progres i effektivnist' virobництва. –H.: NTU „HPI”. - 2013. - № 22 (995) - S. 119-123.
3. Pogorelov M.I. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti remonta/ N.I. Pogorelov, S.N. Pogorelov // Visnik NTU „HPI”. Seriya: Tekhnichnij progres i effektivnist' virobництва. – H.: NTU „HPI”. - 2013. -№ 67*(1040) - S. 172-181.
4. Pogorelov M.I. Ekonomiko-matematichna model' ocinki rivnya remontnogo virobництва /S.M. Pogorelov, M.I. Pogorelov // Visnik NTU «HPI». Seriya: Tekhnichnij progres i effektivnist' virobництва. – H.: NTU «HPI». – 2014. - № 34 (1077). – S. 11–18.
5. Pogorelov M.I. Metodika viznachennya ekonomichnoi effektivnosti remontu / M.I. Pogorelov, I.M. Pogorelov // Visnik NTU «HPI». Seriya: Tekhnichnij progres i effektivnist' virobництва. – H.: NTU «HPI». – 2015. -№ 26 (1135). – S. 167-176.
6. Pogorelov M.I. Metodika ekonomichnogo obruntuvannya zahodiv shchodo NOT/ M.I. Pogorelov, S. M. Pogorelov// Visnik NTU «HPI». Seriya: Tekhnichnij progres i effektivnist' virobництва. – H.: NTU «HPI». – 2015. - № 60 (1169). – S. 149-154.
7. Pohorielov S.M. Metodyka otsinky rivnia orhanizatsii pratsi menedzheriv // Visnyk NTU «Kharkivskiyi politekhnichniy instytut» (ekonomichni nauky). Zbirnyk naukovykh prats. – Kh. : NTU «KhPI». – 2018. – № 15 (1291). – S 125-128
8. Pohorielov S.M. Osoblyvostizastosuvannya informatsiinykh tekhnolohii v menedzhmenti ta ekonomitsi // Visnyk NTU «Kharkivskiyi politekhnichniy instytut» (ekonomichni nauky). Zbirnyk naukovykh prats. – Kh. : NTU «KhPI». – 2018. – № 19 (1295). – S 151-155

Надійшла (received) 23.01.2023

Відомості про автора / About the Author

Погорелов Сергій Миколайович (Pohorielov Serhiy Mukolaevich)– кандидат економічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Економіка бізнесу і міжнародні економічні відносини», Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-0868-2002; e-mail: pogser.sp@gmail.com

Кобелева Тетяна Олександрівна (Kobielieva Tetiana Oleksandrivna) – доктор економічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри економіки бізнесу і міжнародних економічних відносин; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0001-6618-0380; e-mail: tanja.kobeleva@gmail.com

Самойленко Владислав Сергійович (Samoilenko Vladyslav Serhiiovych) – аспірант Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, Харків, Україна; ORCID: 0009-0009-8120-8746; e-mail: samoilenko1001@gmail.com