

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ УПРАЛІННЯ
КАФЕДРА МЕНЕДЖМЕНТУ ТА ФІНАНСІВ**

**ОМЕЛЬЧЕНКО В.Я., ТАРАСЕНКО Д.Л.,
МАЦУКА В.М., ГОРБАШЕВСЬКА М.О.,
ТКАЧЕНКО О.Г., КОВЕРЗА В.С.**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
«УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ»**

КИЇВ

2025

УДК 005.8

JEL M11, O22, D24

Автори: *Омельченко В.Я, д.е.н., професор (3), Тарасенко Д.Л. д.е.н., професор (10), Мацука В.М., к.е.н., доцент (1,2), Горбашевська М.О., к.е.н., доцент (7,8), Ткаченко О.Г., к.е.н., доцент (6,9), Коверза В.С. к.е.н., доцент (4,5)*

Рецензенти:

Міценко Іван Михайлович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри міжнародних економічних відносин Центральноукраїнського національного технічного університету

Дороніна Ольга Анатоліївна – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту та поведінкової економіки Донецького національного університету імені Василя СТУСА

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Маріупольського державного університету
Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 25.06.2025).*

Омельченко В.Я., Тарасенко Д.Л., Мацука В.М., Горбашевська М.О., Ткаченко О.Г., Коверза В.С. Управління проєктами: навчальний посібник (для здобувачів вищої освіти всіх спеціальностей). Київ: МДУ, 2025. 301 с.

Навчальний посібник присвячений теорії та практиці управління проєктами в сучасних умовах. Розглядаються базові поняття, методології та інструменти проєктного менеджменту, включаючи підходи PMBOK, PRINCE2, Agile, Waterfall. Окрему увагу приділено плануванню, обґрунтуванню та ініціалізації проєктів, ресурсному забезпеченню, управлінню ризиками, контролю виконання, управлінню якістю та персоналом. Посібник містить прикладні методики, зокрема структуризацію проєкту, сітьове і календарне планування, розробку бюджетів, формування команди та аналіз ефективності. Видання орієнтоване на здобувачів вищої освіти всіх спеціальностей, викладачів, слухачів програм підвищення кваліфікації, а також практиків проєктного менеджменту.

© Омельченко В.Я.
© Тарасенко Д.Л.
© Мацука В.М.
© Горбашевська М.О.
© Ткаченко О.Г.
© Коверза В.С.
© Київ, МДУ

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
РОЗДІЛ 1. БАЗИС ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	7
1.1. Проєкт та специфіка проєктної діяльності	7
1.2. Система управління проєктами	11
1.3. Фази життєвого циклу проєкту	23
1.4. Структура, оточення та учасники проєкту	26
Контрольні питання.....	30
РОЗДІЛ 2. МЕНЕДЖМЕНТ ІДЕЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ..	32
2.1. Розробка концепції проєкту	32
2.2. Сутність та структура проєктного аналізу	37
2.3. Критерії оцінки проєктної ефективності	45
Контрольні питання.....	51
РОЗДІЛ 3. ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	53
3.1. Вибір і завдання проєктних фірм.....	53
3.2. Планування реалізації проєкту	56
3.3. Структуризація проєкту	62
Контрольні питання.....	69
РОЗДІЛ 4. ЧАСОВІ КОНТУРИ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ	70
4.1. Розроблення календарного плану проєкту	70
4.2. Сіткове моделювання процесу реалізації проєкту	78
4.3. Оптимізація часових параметрів проєкту	89
Контрольні питання.....	96
РОЗДІЛ 5. ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТУ.....	97
5.1. Особливості планування людських ресурсів проєкту.....	97
5.2. Матеріально-технічна підготовка проєкту.....	108
5.3. Фінансове планування за проєктом.....	114
5.4. Порядок планування витрат за проєктом.....	118
5.5. Розробка бюджету проєкту.....	122
Контрольні питання.....	128
РОЗДІЛ 6. КОНТРОЛЮВАННЯ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ	129
6.1. Роль контролю як функції управління проєктом	129
6.2. Цикл контролю проєкту.....	134
6.3. Види і ефективність контролю виконання проєкту.....	141
6.4. Методи і інструменти контролю виконання проєкту	147
Контрольні питання.....	152
РОЗДІЛ 7. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЄКТІВ.....	154
7.1. Поняття та класифікація проєктних ризиків.....	154
7.2. Методи аналізу ризиків проєкту.....	164
7.3. Можливості зниження та протидії ризикам.....	168
7.4. Управління проєктними ризиками.....	176
Контрольні питання.....	182

РОЗДІЛ 8. МАРКЕТИНГОВА СТРАТЕГІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКОСТІ ПРОЄКТУ.....	184
8.1. Маркетингова стратегія в управлінні проєктами.....	184
8.2. Концепція управління якістю проєктів.....	188
8.3. Норми і стандарти якості.....	192
8.4. Еволюція підходів до якості у маркетингу та управлінні проєктами..	194
8.5. Управління забезпеченням якості проєкту.....	197
8.6. Контролювання якості проєкту.....	202
Контрольні питання.....	205
РОЗДІЛ 9. УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У ПРОЄКТАХ.....	207
9.1. Особливості управління персоналом у проєктах.....	207
9.2. Формування команди проєкту і стадії її розвитку.....	212
9.3. Організаційна культура проєкту.....	219
9.4. Управління конфліктами в проєкті.....	224
Контрольні питання.....	229
РОЗДІЛ 10. ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КРЕАТИВНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.....	230
10.1. Поняття та особливості креативних управлінських рішень.....	230
10.2. Умови розробки і прийняття управлінських рішень, які ґрунтуються на досвіді та судженнях.....	235
10.3. Інтуїтивні управлінські рішення.....	241
10.4. Методи пошуку та прийняття інтуїтивних управлінських рішень..	244
10.5. Зовнішні бар'єри прояву креативності.....	249
Контрольні питання.....	254
РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ.....	256
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ.....	260
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	281
ЛІТЕРАТУРА.....	291

РОЗДІЛ 4. ЧАСОВІ КОНТУРИ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ

4.1. Розроблення календарного плану проєкту

4.2. Сіткове моделювання процесу реалізації проєкту

4.3. Оптимізація часових параметрів проєкту

4.1. Розроблення календарного плану проєкту

Календарне планування займає центральне місце в системі управління проєктом і забезпечує базу для прийняття рішень на всіх етапах його реалізації. Воно не лише формує часову структуру виконання проєктних завдань, а й інтегрує дані щодо обсягів робіт, доступності ресурсів і зовнішніх обмежень. Завдяки цьому досягається висока координація дій між усіма учасниками проєкту, що є критично важливим для забезпечення своєчасного досягнення цілей із дотриманням кошторисних і часових параметрів.

Календарне планування - це процес складання й коригування розкладу, в якому роботи, що виконуються різними організаціями, взаємопов'язуються між собою в часі і з можливостями їх забезпечення різними видами матеріальнотехнічних та трудових ресурсів [51, с. 88].

Ефективне календарне планування дозволяє:

- визначати критичний шлях проєкту, тобто найтривалішу послідовність взаємозалежних робіт, що впливає на загальну тривалість проєкту;
- моделювати альтернативні сценарії реалізації проєкту залежно від змін у ресурсах чи зовнішніх умовах;
- управляти часовими буферами, передбачаючи резерви часу для зниження ризику затримок;
- підвищувати прозорість і контроль, забезпечуючи наочне представлення термінів виконання кожного завдання для всіх зацікавлених сторін.

Календарне планування – це динамічний процес, який охоплює:

- первинне формування графіка, що базується на даних із технічної, ресурсної та вартісної документації;
- деталізацію завдань, поділ великих блоків робіт на менші одиниці з визначеними термінами початку та завершення;
- встановлення взаємозв'язків між роботами (послідовних, паралельних, умовних);
- перевірку на реалізовуваність у межах наявних ресурсів і часових обмежень;
- регулярне оновлення та контроль графіка залежно від фактичного перебігу робіт і змін у середовищі реалізації проєкту.

Важливо підкреслити, що розробка календарного плану не є одноразовою дією – вона потребує постійного коригування на основі оперативної інформації про хід виконання проєкту. У складних проєктах застосовуються спеціальні методи та інструменти, зокрема метод критичного шляху (CPM), метод оцінки та перегляду планів (PERT), програмні засоби (MS Project, Primavera тощо), які дозволяють автоматизувати процес планування й контролю.

Таким чином, календарне планування є інструментом, який:

- забезпечує системність і послідовність реалізації проєкту;

- дозволяє збалансовано розподіляти ресурси;
- є основою для моніторингу виконання робіт;
- допомагає своєчасно реагувати на ризики та відхилення;
- сприяє досягненню цілей у визначені терміни з дотриманням бюджету.

У процесі реалізації проєкту використовуються різні типи календарних планів, які розрізняються за ступенем деталізації, часовими горизонтами, цілями та функціональним призначенням. Наприклад, до таких типів планів належать генеральні (загальні) плани, укрупнені сіткові графіки, детальні графіки виконання робіт, оперативні календарі, щоденні або тижневі плани тощо. Залежно від потреб проєкту, кожен із них виконує свою роль у забезпеченні ефективного управління часом [112]. Ці плани класифікуються за кількома критеріями, які наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Класифікація календарних планів проєкту

Критерій класифікації	Типи календарних планів	Характеристика / приклад
За рівнем деталізації	1. Генеральний план 2. Деталізований (робочий) план	Генеральний – високорівневе планування (етапи); детальний – розбивка на конкретні завдання
За періодом планування	1. Довгостроковий 2. Середньостроковий 3. Короткостроковий	Наприклад: рік, квартал, місяць, тиждень
За частотою оновлення	1. Статичний 2. Динамічний	Статичний не змінюється; динамічний коригується в процесі реалізації
За цільовим призначенням	1. План-графік виконання робіт 2. Графік використання ресурсів	Визначає часові межі виконання завдань або розподіл ресурсів у часі
За формою подання	1. Лінійні графіки 2. Сіткові графіки 3. Gantt-діаграми	Сіткові – для складних проєктів; діаграми Ганта – зручні для візуального представлення
За рівнем автоматизації	1. Ручне планування 2. Комп'ютеризоване (з використанням ПЗ)	Наприклад: MS Project, Primavera P6, ProjectLibre тощо

У найпростішому вигляді параметри календарного плану включають дати початку та завершення кожної роботи, її тривалість, а також обсяги необхідних ресурсів.

У більш складних календарних планах може враховуватись до шести різних типів часових характеристик: дати початку, завершення, тривалості та резервів часу – серед них ранні, пізні, базові, планові й фактичні дати, а також реальний і вільний резерв часу.

Сіткові методи дозволяють визначити лише ранні та пізні терміни виконання робіт, тоді як базові та планові дати встановлюються з урахуванням додаткових чинників.

Завдання календарного планування відіграють ключову роль у процесі

планування проєкту, оскільки забезпечують впорядкованість, послідовність і контроль за виконанням усіх етапів проєктної діяльності. Ефективне календарне планування дозволяє своєчасно виявляти потенційні ризики затримок, забезпечувати оптимальне використання ресурсів, а також сприяти досягненню проєктних цілей у визначені терміни.

Календарне планування – це систематизований процес формування та коригування графіка виконання робіт, у межах якого діяльність різних виконавців і організацій узгоджується у часі. Цей процес передбачає встановлення логічних взаємозв'язків між роботами, визначення послідовності їх виконання, а також прив'язку до наявності необхідних матеріально-технічних, фінансових і трудових ресурсів. Від якості календарного планування залежить загальна ефективність реалізації проєкту, його вартісні та часові характеристики.

У процесі календарного планування обов'язково враховуються задані зовнішні та внутрішні обмеження, серед яких: тривалість виконання окремих видів робіт, доступність і ліміти ресурсів, часові інтервали виконання завдань, залежності між роботами, а також нормативні вимоги чи сезонні фактори. Одним із головних завдань є раціональний розподіл ресурсів, який дозволяє уникнути їхнього простою або перевантаження, що, у свою чергу, сприяє зниженню витрат і підвищенню ефективності проєкту.

Існують три основних варіанта вибору календарного плану виконання проєкту, кожен з яких має свої особливості застосування залежно від цілей управління та специфіки взаємодії із зацікавленими сторонами:

1. Календарний план за датою раннього початку – формується на основі найраніших можливих термінів початку всіх робіт у проєкті. Цей варіант планування зазвичай застосовується для стимулювання виконавців до якнайшвидшого старту робіт і зменшення ризиків затримок. Такий підхід дозволяє виявити потенційні труднощі на ранніх етапах реалізації проєкту, а також створює часовий буфер, який може бути використаний у разі виникнення непередбачених обставин. Планування за раннім стартом також ефективно у випадках, коли є потреба забезпечити максимальну мобілізацію ресурсів на початкових стадіях.

2. Календарний план за датою пізнього завершення – орієнтований на останні можливі терміни завершення робіт, що не виходять за межі критичного шляху проєкту. Такий підхід дозволяє зменшити тимчасове навантаження на ресурси, розтягуючи виконання завдань у часі без порушення загального графіка. Він особливо корисний для презентації плану замовнику, оскільки демонструє оптимальне використання часових резервів без перевитрати ресурсів. Цей план також знижує ризик простоїв через відсутність необхідних матеріалів чи персоналу, оскільки передбачає більшу гнучкість у підготовці до виконання робіт.

3. Календарний план для оптимізації ресурсів або демонстрації найбільш ймовірної дати завершення проєкту – складається з урахуванням наявних ресурсних обмежень та реалістичних оцінок тривалості робіт. Цей варіант є збалансованим і враховує як часові, так і ресурсні аспекти, дозволяючи уникати перевантаження окремих виконавців або дефіциту ресурсів. Він часто

використовується як робочий документ у процесі управління проектом, оскільки забезпечує найбільш правдоподібне уявлення про хід реалізації проекту. Такий план також зручний для комунікації з замовником, оскільки показує обґрунтовану і реалістичну дату завершення з урахуванням усіх можливих факторів впливу.

Вибір типу календарного плану залежить від пріоритетів керівника проекту, вимог замовника та умов середовища реалізації.

Дата раннього початку – це найраніша календарна точка, в яку може бути розпочате виконання певної роботи в межах проекту за умови дотримання логічної послідовності та завершення всіх попередніх завдань, від яких вона залежить. Це значення розраховується в процесі прямого проходження по сітковій моделі планування проекту (forward pass) і є орієнтиром для оптимального старту робіт без створення затримок.

Додавши до дати раннього початку тривалість роботи, можна визначити дату раннього завершення, тобто найраніший можливий момент закінчення завдання. Проте, в реальному процесі планування слід враховувати, що виконання певних робіт може розпочатися лише після завершення попередніх, тому в моделі проекту визначається ще одна важлива характеристика – дата пізнього завершення, тобто останній допустимий термін закінчення роботи, за якого не відбудеться загального зсуву графіка реалізації проекту.

Дата пізнього завершення обчислюється на основі дати пізнього початку, яка вказує на найпізніший момент, коли може бути розпочате виконання роботи без порушення строків завершення проекту. Додаючи до неї тривалість завдання, визначається дата пізнього завершення. Ці параметри розраховуються під час зворотного проходження сіткової моделі (backward pass).

Якщо дати раннього та пізнього початку відрізняються, то різниця між ними визначає резерв часу (або повний резерв), який є часовим інтервалом, протягом якого виконання роботи може бути відкладене без ризику затримки загального строку завершення проекту. Такий резерв також може бути обчислений як різниця між датами пізнього та раннього завершення, за умови незмінної тривалості роботи. У цьому випадку різниця між початковими та завершальними датами буде однаковою, що спрощує розрахунки та дозволяє використовувати цей принцип у програмному забезпеченні для планування, наприклад, у Microsoft Project, Oracle Primavera, ProjectLibre та інших.

Роботи, які мають нульовий резерв часу, вважаються критичними, оскільки будь-яка затримка в їх виконанні неминуче призведе до перенесення дати завершення всього проекту.

Саме ці роботи формують критичний шлях – послідовність взаємопов'язаних завдань у сітковій моделі, сукупна тривалість яких дорівнює мінімально можливій тривалості реалізації проекту.

Таким чином, критична тривалість – це найкоротший можливий час, за який може бути завершено проект без порушення логіки виконання робіт. Визначення критичного шляху має важливе значення для управління строками, оскільки дозволяє зосередити зусилля на контролі виконання саме тих завдань, які найбільше впливають на термін реалізації проекту. Втрата контролю над

критичним шляхом може призвести до перевищення строків та бюджету проєкту.

Календарний план проєкту

Робота	Поточна дата						
	10.09	11.09	12.09	13.09	14.09	15.09	16.09
Е							
Д				D			
С			С				
В			В				
А	А						

Рис. 4.1. Діаграма раннього/пізнього початку та резерву часу

На рис.4.1 надано приклад планування п'яти завдань (А–Е) з позначенням: блакитного прямокутника – ділянки виконання робіт за датами раннього початку та завершення; сірого з штрихуванням – резерв часу, тобто можливе зміщення без шкоди для загального графіка.

Завдання В має резерв, оскільки його пізній початок (на 4-му дні) пізніший за ранній (на 3-му), тоді як інші завдання критичні – їх зміщення одразу вплине на проєкт.

Метод критичного шляху є основним для обчислення ранніх та пізніх початків і завершень робіт, а також для визначення резервів часу. Календарний план, як перелік лише планових параметрів проєктних робіт, втрачає свою значущість без порівняння з фактичними термінами виконання, тому частіше говорять про календарний графік.

Календарний графік відображає планові та фактичні дані про початок, кінець і тривалість кожного робочого елемента.

Існують різні способи представлення календарного плану:

1. Табличний – у цьому способі календарний план подається у вигляді таблиці, де перераховуються роботи на певному рівні WBS (структура розподілу робіт) з зазначенням дат початку, кінця та тривалості кожної роботи (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Календарний план проєкту

Код роботи	Робота	Тривалість, дні	Дата початку		Дата кінця	Резерв, дні
А						
В						
С						
Д						
Е						

2. Діаграмний – це подання календарного плану у вигляді діаграм Ганта [32], названих на честь німецького інженера Генрі Ганта, який вперше запропонував цей інструмент для календарного планування проєктів. У діаграмі Ганта кожна робота відображена у вигляді горизонтальної смуги, що показує її тривалість, початок і кінець, дозволяючи наочно побачити залежності та хід виконання проєкту(див. табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Діаграма Ганта							
Робота	Поточна дата						
A							
B							
C							
D							
E							

Умовні позначення:

-  критична робота
-  запас часу.

Позитивними рисами діаграми Ганта є:

- легкість побудови та читання;
- можливість відображення перебігу виконання робіт за проєктом;
- зрозумілість концепції запасу часу та його використання;
- зручність для планування й контролю, а також для визначення потреб у ресурсах;
- основою для оцінки грошових потоків;
- ключовим документом у процесі прийняття рішень та управлінні проєктом.

Перед тим як розміщувати роботу на діаграмі, необхідно врахувати, чи існує логічний зв'язок між роботами, тривалість кожної роботи, забезпечення необхідними ресурсами та розподіл ресурсів між завданнями.

Діаграма Ганта дозволяє наочно визначити критичні та некритичні роботи, оцінити запас часу для некритичних завдань, резерв часу та логічні зв'язки між етапами виконання проєкту.

Тривалість роботи є основним параметром при плануванні. Вона залежить від загальної трудомісткості, яка необхідна для виконання елементів роботи, а також від кількості працюючих, що можуть здійснити її. Тривалість роботи залежить від обсягу виконаних завдань та інтенсивності виконання та обчислюється за формулою:

$$TP = TM : ЧП, \quad (4.1)$$

де TP - тривалість роботи;

ТМ - трудомісткість роботи;
ЧП - чисельність працюючих.

При оцінці реальної тривалості виконання робіт необхідно враховувати різноманітні фактори, зокрема:

- втрачений час на непроєктні роботи (святкові, вихідні дні, лікарняні тощо);
- робота у неповний робочий день;
- перешкоди, які можуть виникнути під час виконання завдань (наприклад, проблеми з обладнанням або погодні умови).

Також тривалість деяких робіт може залежати від своєчасного постачання матеріалів. При визначенні базових або поточних планових дат слід обов'язково враховувати обмеження ресурсів, щоб забезпечити реалістичний графік виконання проєкту.

Задачі календарного планування у проєктному менеджменті, як правило, формулюються у двох основних постановках, кожна з яких виконує важливу роль у забезпеченні ефективного використання часу та ресурсів:

1. Облік потреб в окремих видах ресурсів та їх згладжування. Цей підхід полягає у формуванні графічного подання – гістограм, що відображають сумарну потребу в ресурсах на основі обраного календарного плану виконання робіт. Гістограми є зручним інструментом для візуального аналізу, який дозволяє:

- оцінити, як змінюється потреба в конкретних ресурсах (робоча сила, техніка, матеріали) протягом усього періоду реалізації проєкту;
- виявити пікові навантаження, коли попит на ресурси перевищує доступну кількість;
- порівняти графік потреб з фактичними можливостями забезпечення проєкту ресурсами;
- визначити необхідність перерозподілу або залучення додаткових ресурсів для уникнення затримок.

Такі оцінки дозволяють перевірити життєздатність та реалістичність обраного варіанту календарного плану й за потреби здійснити його коригування.

2. Розподіл ресурсів (ресурсне планування та оптимізація). Завдання з розподілу ресурсів орієнтовані на пошук найкращого способу використання обмежених ресурсів відповідно до поставлених цілей та критеріїв. Залежно від конкретного завдання, ці задачі поділяються на два основні типи:

- Оптимізація відхилень від заданих термінів або мінімізація строків досягнення цільових подій. У цьому випадку розв'язується задача, метою якої є дотримання встановлених ресурсних обмежень при мінімізації затримок виконання робіт або максимальному наближенні до бажаних термінів досягнення ключових віх проєкту. Такий підхід особливо актуальний у проєктах зі жорсткими часовими рамками, де кожна затримка може призвести до фінансових втрат або зриву контрактів.
- Оптимізація показників ефективності використання ресурсів при фіксованих термінах виконання робіт. У цьому випадку терміни виконання визначені заздалегідь, і завдання полягає в тому, щоб організувати використання

наявних ресурсів таким чином, аби мінімізувати простої, уникнути перевантаження та забезпечити рівномірне навантаження протягом усього графіку. Це дозволяє досягти високої продуктивності без надмірного використання ресурсів і зменшити витрати.

Таким чином, ефективне планування ресурсів не лише забезпечує виконання робіт у встановлені строки, але й дозволяє підвищити загальну результативність і економічність реалізації проєкту. Окреме місце в управлінні проєктами займає інструменти автоматизації проєктів, а також автоматизація окремих процесів проєктів [94].

При аналізі результатів розрахунків та факторів виконання проєкту необхідно:

1. Виявити можливості та спрогнозувати вплив дестабілізуючих факторів, а також розробити заходи, які сприятимуть успішному виконанню проєкту.

2. За потреби підготувати пропозиції щодо скорочення тривалості робіт.

3. Обов'язково здійснити аналіз спроможності реалізації проєкту, який проводиться в два етапи:

- на першому етапі аналізується наявність ресурсів для виконання всіх робіт;
- на другому етапі проводиться згладжування ресурсів, що може включати купівлю або оренду необхідних ресурсів, укладення контрактів для виконання окремих робіт тощо.

Для кожної операції має бути визначена оцінка вартості, тому для аналізу економічної доцільності потрібно мати набір вартостей, що залежать від тривалості виконання кожної операції. Економічна можливість реалізації проєкту є важливою для визначення тривалості проєкту, що відповідає мінімальній вартості.

В цілому, аналіз можливості реалізації проєкту проводиться на основі вхідної інформації з урахуванням технічного проєкту календарного плану та оцінки витрат за додатковими критеріями, наступним чином:

Інтегральна оцінка надійності проєкту, яка включає:

- ресурсні можливості реалізації (чи достатньо ресурсів і чи можна отримати необхідні ресурси для виконання робіт);
- економічні можливості реалізації (мінімальні витрати за даним варіантом);
- фінансові можливості реалізації (чи буде план забезпечений фінансовими ресурсами).

На основі проведеної оцінки проводяться коригування та оптимізація проєкту (чи задовольняє проєкт плановим критеріям), і приймається робочий проєкт календарного плану.

Документація по пакету календарного плану проєкту включає:

- комплексний (зведений) календарний план;
- детальні календарні плани по виконавцях;
- детальні календарні плани по пакетах робіт;
- відомості потреб у ресурсах;
- план укладання контрактів;

- організаційно-технологічні заходи по реалізації плану;
- план контролю за ходом виконання робіт.

Таким чином, календарне планування займає важливе місце в плануванні проекту, оскільки воно дозволяє узгодити всі етапи робіт, ресурси та час з метою ефективної реалізації проекту.

4.2. Сіткове моделювання процесу реалізації проекту

Поряд із лінійними графіками та табличними розрахунками, сіткові методи планування широко використовуються під час розроблення довгострокових планів і моделей для створення складних виробничих систем та інших об'єктів, що мають тривалий строк експлуатації. Основним інструментом сіткового планування є сітьовий графік, що дозволяє спрогнозувати стратегічні підходи перед початком проектних робіт [27, с.36]. Сіткові графіки робіт підприємства, пов'язаних із випуском нової конкурентоспроможної продукції, відображають не лише загальну тривалість усього комплексу проектно-виробничої та фінансово-економічної діяльності, а й визначають тривалість і послідовність виконання окремих процесів або етапів, а також обсяг необхідних економічних ресурсів.

Сіткове планування є формою графічного представлення змісту робіт і строків реалізації планів та довгострокових комплексів проектних, організаційних, планових та інших видів діяльності підприємства, що дає змогу надалі оптимізувати створений графік із використанням економіко-математичних методів і комп'ютерних технологій.

Сіткове планування передбачає насамперед побудову сіткового графіка та визначення його основних параметрів.

Сіткова модель – це сукупність взаємопов'язаних елементів, які використовуються для опису технологічної залежності між окремими роботами та етапами майбутнього проекту.

Головним плановим документом у системі сіткового планування виступає сітковий графік – інформаційно-динамічна модель, що відображає всі логічні зв'язки між роботами та результатами, необхідними для досягнення кінцевої мети планування.

У межах сіткового графіка під роботами розуміють будь-які виробничі процеси або дії, спрямовані на досягнення певного результату – події. До робіт також відносяться часові затримки або очікування, пов'язані з перервами між процесами чи додатковими витратами часу.

Події, своєю чергою, – це завершальні результати попередніх робіт, які фіксують момент завершення певної дії. Вони можуть бути початковими, кінцевими, простими, складними, проміжними, попередніми чи наступними.

Таким чином, подіями називають результати, що завершують попередні роботи. Подія відображає момент закінчення запланованого процесу. Розрізняють різні типи подій – початкові, кінцеві, прості, складні, проміжні, попередні, наступні тощо. У сіткових графіках ключовим елементом виступає шлях, який демонструє послідовність виконання робіт або подій, де завершення однієї стадії слугує стартом для наступної фази.

Шлях – послідовність робіт або подій, у якій завершення одного етапу слугує початком наступного, забезпечуючи логічну безперервність реалізації проєкту.

На будь-якому сітковому графіку прийнято виділяти кілька типів шляхів:

- повний шлях, що з'єднує початкову та кінцеву події;
- шлях, який веде до певної події від початку проєкту;
- шлях, що простягається від певної події до завершення проєкту;
- шлях, що з'єднує кілька окремих подій;
- критичний шлях – найтриваліший шлях від початкової до кінцевої події, який визначає загальну тривалість реалізації проєкту.

Сіткові графіки будуються зліва направо, із відображенням проєктних робіт та встановленням логічних зв'язків між ними. Залежно від способу візуалізації розрізняють два основних типи сіткових графіків:

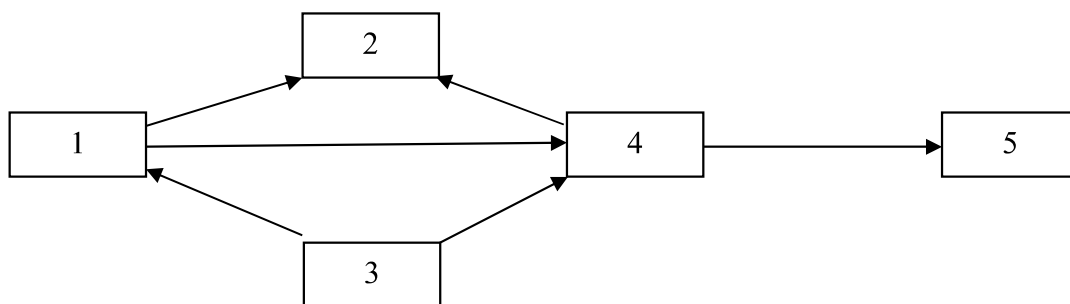


Рис. 4.2. Стрілковий графік

- Стрілкові графіки (стрілчаста діаграма, Activity-on-Arrow, AOA): роботи зображуються стрілками, а події – кружечками (вузлами). Стрілка показує напрямок виконання роботи. Цей тип використовується для відображення залежностей між роботами через події (початок/кінець) (рис. 4.2). Основна відмінність: у стрілковому графіку робота – це стрілка, а в графіку передування робота – це вузол.
- Графіки передування (Activity-on-Node, AON): роботи зображуються прямокутниками (вузлами), а стрілки відображають логічні зв'язки між ними (яка робота має завершитись перед початком іншої). Події не виділяються окремо – акцент на самих роботах (рис.4.3).

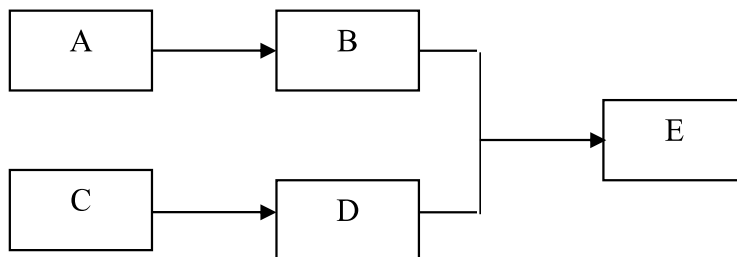


Рис. 4.3. Графік передування

Ідея графічного зображення взаємозв'язків між окремими роботами в межах реалізації проєкту має тривалу історію і широко застосовувалась ще до

появи сучасних методів управління. Однак істотний прорив у плануванні та контролі за виконанням робіт став можливим завдяки впровадженню нових підходів, зокрема методів оптимізації часових і вартісних параметрів, використанню концепції критичного шляху, а також активному залученню обчислювальної техніки для обробки великих обсягів даних.

Ці інновації сприяли створенню потужного інструменту управління проектами – PERT (Program Evaluation and Review Technique), що в перекладі означає метод оцінки та перегляду планів. Основною метою PERT є забезпечення ефективного планування, координації та контролю виконання складних і довготривалих проектів, які містять велику кількість взаємопов'язаних робіт.

Завдяки застосуванню PERT-методології керівники проектів отримали можливість:

- швидко виявляти критичні ділянки або так звані «вузькі місця», що впливають на загальні строки реалізації проекту;
- здійснювати ефективне планування ресурсів, перерозподіляючи їх відповідно до пріоритетності робіт;
- оперативно реагувати на можливі затримки, оптимізуючи графік виконання;
- підвищити прогнозованість результатів і зменшити ризики, пов'язані з невизначеністю термінів виконання.

Система PERT може мати кілька варіантів реалізації, кожен із яких фокусується на певних аспектах управління проектом:

1. PERT/час – зосереджується на аналізі та оптимізації часових показників, дозволяючи визначити найкоротші строки виконання проекту без шкоди для його якості.

Цей метод характеризується такими ключовими ознаками: використанням сіткового графіка, оцінкою тривалості робіт у часі, визначенням часових резервів і критичного шляху, а також можливістю оперативного коригування плану у разі потреби. Сіткова модель PERT відображає логічну послідовність етапів, необхідних для досягнення кінцевої мети проекту. Вона включає події, роботи та взаємозв'язки між ними.

Для кожної роботи зазвичай визначають від однієї до трьох часових оцінок:

- перша оцінка застосовується для розрахунку критичного шляху, який визначає найтривалішу послідовність робіт, що безпосередньо впливає на загальні строки проекту;
- друга дозволяє розрахувати очікуваний час настання подій у графіку, що допомагає встановити орієнтовні терміни завершення етапів;
- третя оцінка передбачає знаходження найпізнішого можливого строку завершення події, за якого ще не виникає загроз затримки у виконанні всього проекту.

Завдяки цим оцінкам метод дозволяє не лише точно планувати, а й оперативно реагувати на зміни в умовах невизначеності.

2. PERT/витрати – орієнтований на вартісну ефективність, передбачає узгодження термінів із бюджетними обмеженнями, забезпечуючи досягнення цілей проекту з мінімальними витратами.

Метод є логічним продовженням та поглибленням методу PERT/час, орієнтованим на оптимізацію проєктного планування з точки зору витрат. Його застосування дозволяє більш точно враховувати вартісні показники під час реалізації проєктів, зокрема шляхом поєднання часових характеристик робіт із відповідними витратами.

Метод PERT/витрати включає такі основні етапи:

1. Структурний аналіз проєкту, що передбачає деталізацію всіх необхідних робіт і процесів.
2. Ідентифікація видів робіт з урахуванням їхнього характеру, обсягу та взаємозв'язків.
3. Побудова сіткового графіка, який відображає логічну послідовність виконання робіт.
4. Встановлення залежностей між тривалістю виконання робіт та їхньою вартістю, що дозволяє аналізувати, як зміна термінів впливає на загальні витрати.
5. Періодичне оновлення сіткової моделі та уточнення початкових оцінок з метою відображення змін у проєктному середовищі.
6. Контроль за реалізацією плану, включно з відстеженням відхилень у вартості та термінах.
7. Застосування коригувальних заходів у разі виявлення відхилень, з метою забезпечення виконання проєкту відповідно до затвердженого плану.

Сіткове планування починається з аналізу подій, що відображають завершення ключових етапів виконання робіт. Події встановлюють факт завершення попередніх дій і дозволяють будувати логічну послідовність усіх процесів. Роботи та події, що входять до складу проєкту, систематизуються у порядку їх реалізації, з урахуванням можливих паралельних виконань.

У межах цього підходу загальні витрати розкладаються на складові елементи до такого рівня деталізації, на якому стає можливим їхнє ефективне планування та контроль. Кожна окрема робота отримує вартісне значення, що забезпечує можливість агрегування витрат як для окремих груп робіт, так і для всієї ієрархічної структури проєкту загалом.

Етапи сіткового планування при запуску нового виробу надано в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Основні етапи сіткового планування

№	Етап	Опис
1	2	3
1	Ідентифікація подій	Визначення контрольних точок, що відображають досягнення певних результатів у ході виконання робіт.
2	Перелік робіт	Складання повного списку дій і операцій, що формують проєкт. Визначення їх послідовності.
3	Побудова первинних сіткових графіків	Формування окремих діаграм, які ілюструють логіку виконання окремих частин робіт.
4	Перевірка та інтеграція графіків	Аналіз логічних взаємозв'язків між роботами та об'єднання часткових графіків у зведену модель.

1	2	3
5	Визначення тривалості робіт	Оцінка тривалості виконання кожної роботи з використанням нормативних документів або експертних оцінок.
6	Оцінка часових параметрів	Збір мінімальної, максимальної та найвірогіднішої оцінки тривалості для кожної роботи.
7	Статистична обробка	Обробка експертних оцінок для обґрунтованого визначення розрахункової тривалості з урахуванням ймовірнісних підходів.

Загалом, для планування складних проєктів застосовують три основні типи сіткових моделей, зокрема:

- моделі типу «вершина – робота», в яких роботи зображені у вигляді прямокутників і поєднані між собою логічними зв'язками (див. рис. 4.4);

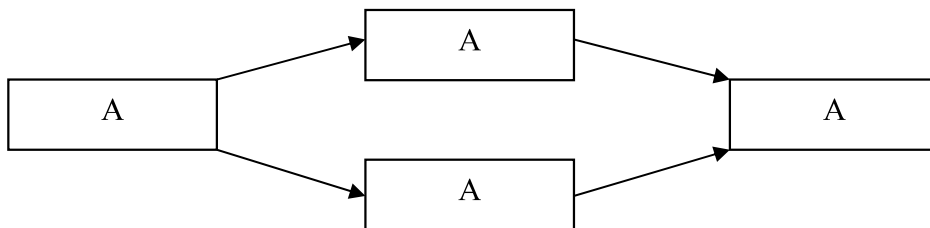


Рис 4.4. Проста сітка типу «вершини-роботи»

- моделі типу «вершина – подія», де кожна робота визначається за допомогою номера, що вказує на початок і кінець, а сама робота зображена стрілками між двома вузлами з відповідними номерами вузлів, які вона з'єднує (див. рис. 4.5);
- змішані моделі, де робота може бути зображена як прямокутник (вузол) або лінія (стрілка). Крім того, існують прямокутники та лінії, що не відображають роботу, а позначають одночасні події або логічні залежності. Лінії не використовуються для з'єднання прямокутників на початках і кінцях робіт, а служать для позначення моментів часу до, під час або після виконання роботи.

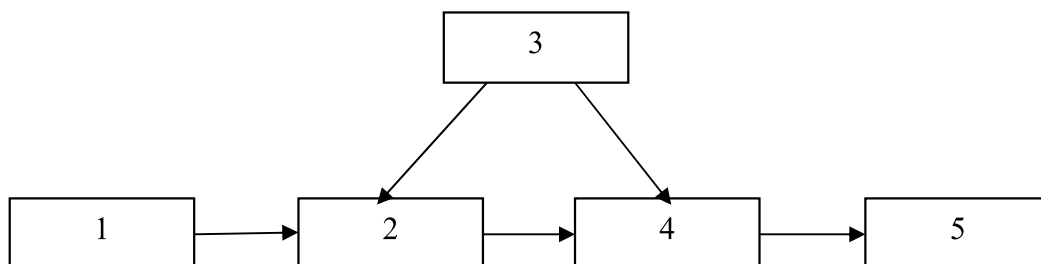


Рис. 4.5. Сітка типу «вершини – події»

Розглянемо порядок обчислення параметрів сіткової моделі. Етап прямого проходу по сітці передбачає визначення ранніх термінів початку та завершення робіт. Ранній початок першої роботи приймається за 0, а її раннє завершення визначається шляхом додавання тривалості. Для наступної роботи її ранній початок обчислюється на основі раннього завершення попередньої з урахуванням запізнення або випередження, які визначаються залежністю типу «закінчення – початок». У разі залежності «початок – закінчення» час початку трансформується у час завершення.

Зворотний прохід по сітці дозволяє розрахувати пізні терміни початку та завершення, а також резерви часу. Пізнє завершення останньої роботи прирівнюється до її раннього завершення, а пізній початок визначається шляхом віднімання тривалості. Далі цей час переходить у пізнє завершення попередньої роботи. Залежно від типу залежності, відповідно оновлюється й час початку або завершення. Якщо робота має кілька попередників, вибирається той, у якого мінімальне значення часу початку (з урахуванням запізнення чи випередження). Ці розрахунки повторюються для всієї сітки. Резерв часу для першої та останньої роботи має дорівнювати нулю.

Отримані параметри сіткового графіка є основою для подальшого аналізу та оптимізації стратегічних планів проєкту.

Завдяки цьому методу менеджери можуть не лише ефективно планувати витрати на кожному етапі, а й приймати обґрунтовані рішення щодо доцільності зміни строків виконання для оптимізації загального бюджету проєкту.

Приклад впровадження нового виробу на ТОВ «Мехатроніка Плюс». На підприємстві ТОВ «Мехатроніка Плюс», яке спеціалізується на виробництві електромеханічних модулів, було запущено нову лінію з виготовлення компактного сервопривода.

Цей приклад демонструє послідовність етапів, де кожна подія стає основою для наступної дії. Під час планування було враховано ймовірність затримок через постачання деталей, тому використовувалися експертні оцінки тривалості.

Таблиця 4.5

Дані про впровадження нового виробу на ТОВ «Мехатроніка Плюс»

№ події	Опис події	Попередні події	Роботи між подіями	Тривалість (дні)
1	Початок проєкту	-	Аналіз вимог до продукту	5
2	Технічне завдання сформовано	1	Розробка ТЗ	4
3	Обрана технологія	2	Порівняльний аналіз технологій	6
4	Прототип створено	3	Проектування та 3D-друк	10
5	Початкове тестування завершено	4	Тестування прототипу	3

Таким чином, методологія PERT є невід’ємним елементом сучасного управління складними проєктами та широко використовується у сфері будівництва, оборонної промисловості, ІТ, науково-дослідних розробок та інших галузях. Застосування Agile – методологій може покращити планування проєктів та підвищити якість продукту [105;130].

В табл. 4.5 наведено узагальнений фрагмент сіткового плану, що охоплює основні події та роботи на початковій фазі проєкту:

Розглянемо спрощений приклад організації монтажу виставкового павільйону, який складається з чотирьох основних етапів. Менеджер проєкту вирішив використати метод PERT [111] для планування строків виконання (табл.4.6).

Таблиця 4.6.

Дані про роботи та оцінки тривалості (у днях)

Робота	Попередні події	Оптимістична (О)	Ймовірна (М)	Песимістична (П)	$T = \frac{O+4M+P}{6}$
A	-	2	4	6	$T_A = 4$
B	A	3	5	9	$T_B \approx 5,33$
C	A	1	2	3	$T_C = 2$
D	B, C	4	6	10	$T_D \approx 6,33$

Побудуємо графік подій (PERT-мережа) рис.4.6:

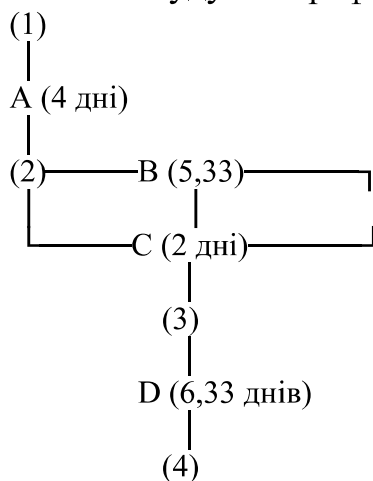


Рис. 4.6. Графік подій організації монтажу виставкового павільйону
Обчислимо аналіз шляху:

- Шлях 1: $A \rightarrow B \rightarrow D = 4 + 5,33 + 6,33 = 15,66$ днів
- Шлях 2: $A \rightarrow C \rightarrow D = 4 + 2 + 6,33 = 12,33$ днів

Критичний шлях – шлях із найбільшою загальною тривалістю, тобто $A \rightarrow B \rightarrow D$. Це означає, що затримка на будь-якому з етапів цього шляху спричинить затримку всього проєкту.

Таким чином, PERT-граф дозволяє чітко візуалізувати залежності між роботами, розрахувати середню тривалість виконання етапів, виявити критичний шлях і краще розподілити ресурси для дотримання строків. У даному випадку найбільшу увагу слід приділити роботам В і D, адже вони входять до критичного шляху.

Приклад аналізу взаємозв'язку між часом і витратами: Компанія планує виконання певної роботи (наприклад, монтаж інженерних систем). Менеджер розглядає декілька варіантів тривалості виконання цієї роботи та відповідних витрат, щоб знайти оптимальний баланс між часом і бюджетом (табл.4.7).

Таблиця 4.7

Залежність вартості від тривалості роботи

Варіант	Тривалість (дні)	Витрати (грн)	Коментар
A	10	20000	Нормальний режим роботи
B	8	24000	Прискорене виконання, додаткові витрати
C	6	30000	Максимальне прискорення, понаднормові години
D	12	18000	Повільне виконання, економія за рахунок ресурсів

Побудуємо графік (рис.4.7):

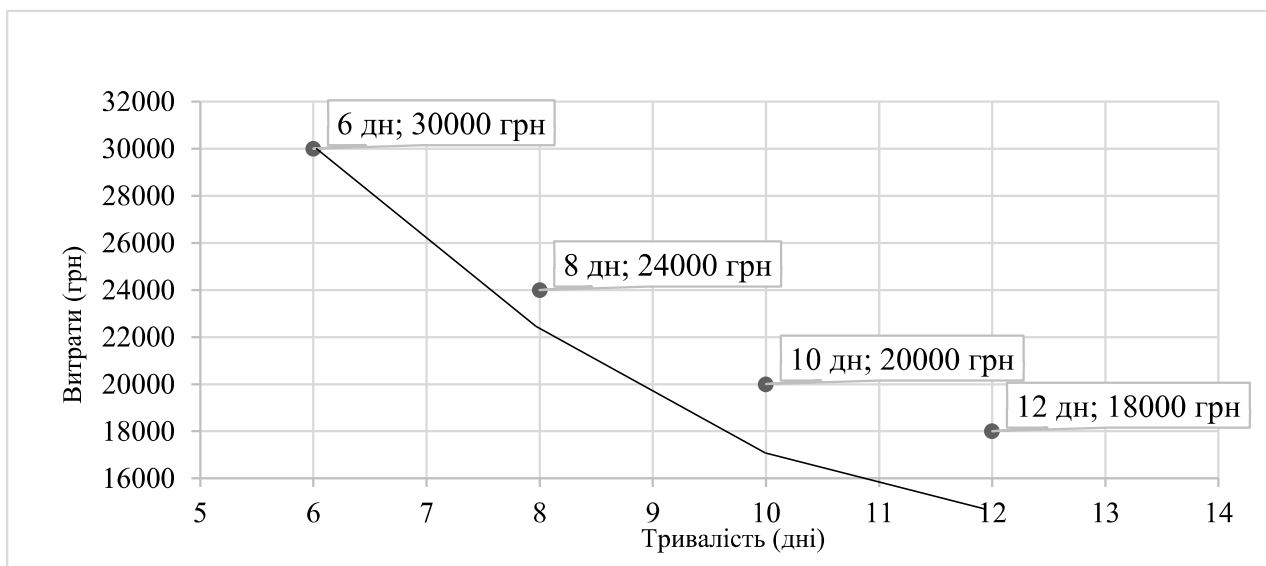


Рис. 4.7. Залежність вартості від тривалості виконання робіт

Для пошуку оптимального варіанту можна скористатися критерієм мінімізації загальних витрат за умови дотримання термінів:

$$\min \sum_{i=1}^n C_i(T_i), \quad (4.2)$$

де:

$C_i(T_i)$ – функція вартості виконання i -ї роботи залежно від обраної тривалості T_i ;

T_i – час виконання роботи i ;

n – загальна кількість робіт у проєкті.

З урахуванням обмеження: $T_{\text{загальний}} \leq T_{\text{макс. дозволений}}$

Це дозволяє застосувати лінійне або нелінійне програмування для знаходження найкращої комбінації «час–витрати».

Зробимо аналіз:

- варіант D має найменшу вартість, але значно збільшує терміни виконання, що може затримати весь проєкт;
- варіант C забезпечує найшвидше завершення, але коштує найдорожче;
- найбільш збалансованим рішенням може бути варіант A або B, залежно від того, чи є критичними строки виконання.

Завдяки аналізу залежності між часом та витратами у межах PERT/витрати, менеджер може ухвалити обґрунтоване рішення: де доцільно прискорити виконання, а де краще зекономити бюджет, не порушуючи загальних строків проєкту.

Сіткові моделі [106] набули широкого поширення на підприємствах, що працюють у сфері промислового виробництва, зокрема при плануванні підготовки до випуску нової продукції або під час модернізації технологічних процесів. Їх використання дозволяє формалізувати складні проєкти, звести до єдиного логічного ланцюга численні види робіт, розподілити відповідальність між учасниками та забезпечити ефективне управління часом і ресурсами.

Основні переваги сіткового планування:

- точне визначення черговості та тривалості робіт;
- виявлення критичних етапів, що визначають загальні строки реалізації;
- ефективне управління людськими, матеріальними та фінансовими ресурсами;
- гнучкість у прийнятті рішень у разі змін або затримок.

Існують наступні етапи побудови сіткової моделі:

1. Розподіл комплексу робіт – розбиття проєкту на окремі задачі (етапи) з визначенням виконавців;
2. Опис робіт і подій – кожен виконавець ідентифікує всі необхідні дії та результати, що ведуть до досягнення загальної мети;
3. Формування первинних сіткових графіків – початкове представлення логічної послідовності виконання робіт;
4. Об'єднання сіток – інтеграція окремих частин у загальну модель, яка охоплює всі підпроцеси;
5. Тимчасове планування – визначення тривалості кожного етапу та побудова календарного плану з урахуванням критичного шляху;
6. Контроль і коригування – періодичний перегляд і оновлення плану залежно від реального ходу виконання.

Розглянемо приклад застосування сіткової моделі - запуск нового продукту: Підприємство з виробництва побутової техніки планує запуск нової моделі електричної плити. Процес охоплює декілька етапів: розробку

конструкції, підготовку документації, закупівлю обладнання, переналаштування виробничої лінії, навчання персоналу, пробний запуск і вихід на ринок.

Ключові роботи в проєкті:

A: Розробка технічної документації (10 днів)

B: Замовлення обладнання (7 днів)

C: Установлення нового обладнання (5 днів)

D: Налаштування виробничої лінії (6 днів)

E: Навчання персоналу (4 дні)

F: Пробний випуск продукції (3 дні)

G: Початок серійного виробництва (1 день)

Проаналізуємо:

Критичний шлях: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$ (загалом 29 днів)

Альтернативний шлях: $A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$ (менш критичний, 18 днів)

Ця модель дозволяє менеджеру проєкту:

- виявити залежності між роботами;
- зосередити увагу на критичних етапах (наприклад, закупівля та встановлення обладнання);
- контролювати терміни виконання та завчасно реагувати на відхилення (наприклад, у випадку затримки доставки обладнання).

Фрагмент сіткової моделі надано на рис. 4.8 (спрощено):

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow G$

$A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$

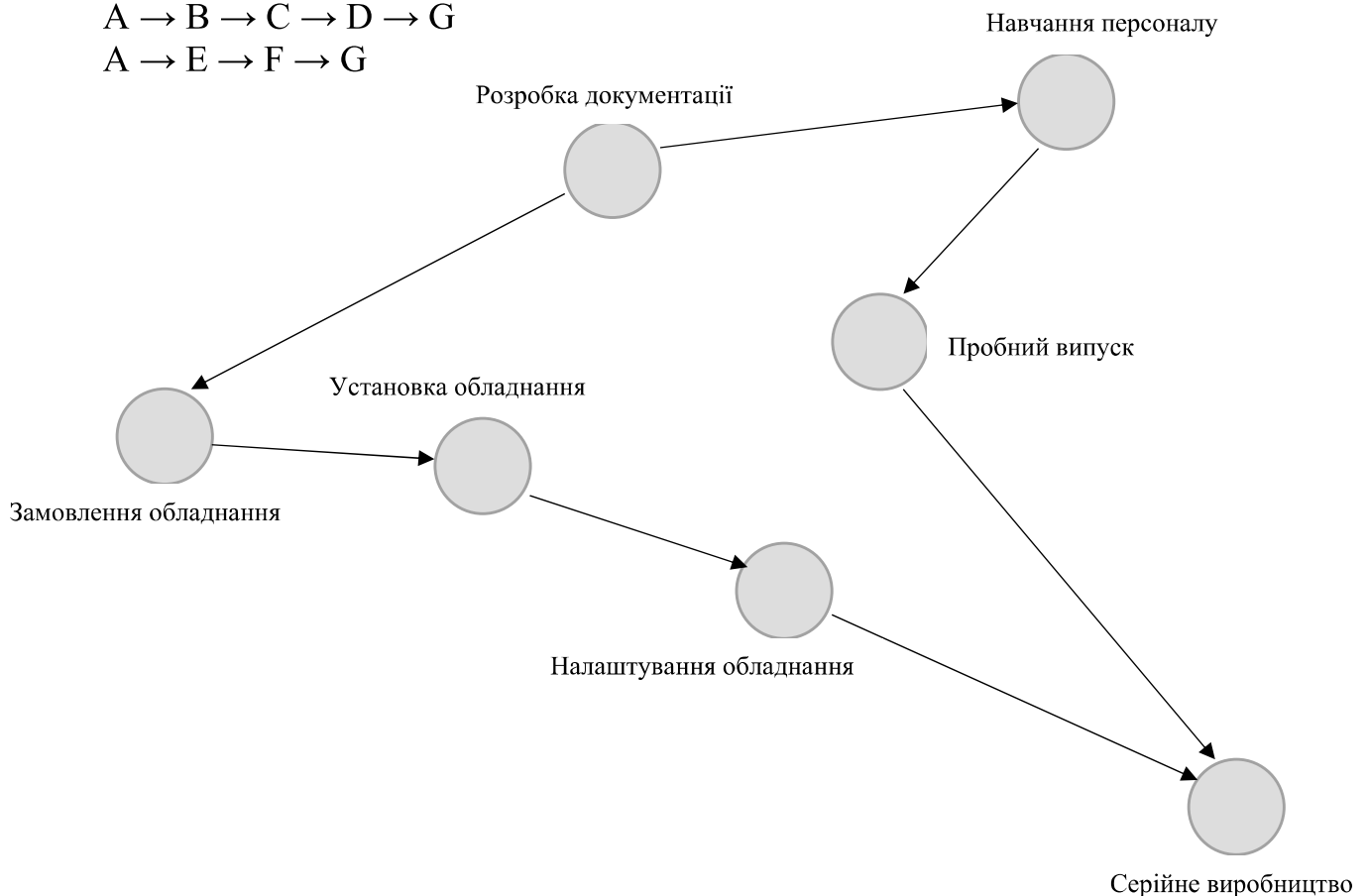


Рис. 4.8. Сіткова модель запуску нового продукту

Сіткові моделі є незамінним інструментом при реалізації масштабних виробничих проєктів [106]. Вони дозволяють забезпечити прозорість планування, синхронізувати дії різних підрозділів і підвищити ефективність управління проєктами на всіх етапах – від планування до запуску в експлуатацію.

Побудова сіткової моделі у процесі планування випуску нового виробу поділяється на декілька етапів.

Початковим етапом сіткового планування проєкту з впровадження нового виробу є визначення ключових подій, які характеризують логічну завершеність відповідних етапів робіт. Кожна з подій повинна чітко фіксувати факт завершення попередньої дії або комплексу дій. Усі події та пов'язані з ними роботи доцільно перелічувати у порядку їх логічного виконання, хоча деякі з них можуть виконуватися паралельно.

Наступним кроком є побудова первинних сіткових графіків для окремих частин проєкту, перевірка їх на логічну узгодженість та об'єднання у загальну зведену сіткову модель. Така інтегрована структура дозволяє комплексно відобразити весь обсяг робіт, їхню взаємозалежність та послідовність.

Завершальним етапом є визначення тривалості виконання окремих робіт або об'єднаних процесів. Для цього, у першу чергу, слід керуватися чинними нормативами або нормами трудових витрат. У разі відсутності необхідних нормативних даних допускається використання альтернативних методів, зокрема експертних оцінок.

Зазвичай для кожної роботи надаються три часові оцінки:

- оптимістична (мінімальна) – найкоротший можливий строк виконання;
- песимістична (максимальна) – найдовший строк;
- найвірогідніша – строк, який, на думку фахівців, є найбільш реалістичним.

Варто зазначити, що найвірогідніша оцінка не може автоматично вважатися нормативною, оскільки вона здебільшого має суб'єктивний характер і залежить від досвіду виконавця. Тому для підвищення достовірності планових показників, зібрані експертні дані піддаються статистичній обробці, що дозволяє сформулювати обґрунтовані оцінки часу виконання робіт.

Розглянемо приклад оцінки тривалості роботи методом PERT.

Під час планування запуску нового виробу на підприємстві необхідно оцінити тривалість налаштування нової виробничої лінії. Експерти надали такі оцінки:

- Оптимістична оцінка (t_0) – 4 дні
- Песимістична оцінка (t_p) – 10 днів
- Найвірогідніша оцінка (t_m) – 6 днів

1. Розрахуємо очікувану тривалість роботи (t_e):

За формулою:

$$t_e = \frac{t_0 + 4t_m + t_p}{6}, \quad (4.3)$$

Підставимо значення:

$$t_e = \frac{4+4 \times 6+10}{6} = \frac{36}{8} \approx 6,33 \text{ дні}$$

3. Розрахуємо стандартне відхилення (σ):

$$\sigma = \frac{t_p - t_0}{6}, \quad (4.4)$$

Підставимо значення:

$$\sigma = \frac{10-4}{6} = \frac{6}{6} = 1$$

3. Інтерпретуємо результат:

Таким чином, визначено що очікувана тривалість виконання роботи становить приблизно 6,33 дні. Це значення використано в сітковій моделі як середня тривалість при аналізі критичного шляху. Знаючи стандартне відхилення (1 день), можна також оцінити імовірнісні межі виконання завдання:

- з імовірністю ~68% завдання буде виконано в межах від 5,33 до 7,33 днів ($\pm 1\sigma$);
- з імовірністю ~95% – у межах від 4,33 до 8,33 днів ($\pm 2\sigma$).

Такий підхід дозволяє менеджерам більш гнучко планувати строки реалізації проєкту з урахуванням можливих коливань у фактичній тривалості робіт.

4.3. Оптимізація часових параметрів проєкту

Для розроблення оптимального плану реалізації проєкту можуть використовуватись різноманітні математичні методи, зокрема моделювання, лінійне та динамічне програмування, теорія ігор тощо. Втім, у практичних задачах планування проєктів кількість змінних і обмежень зазвичай надзвичайно велика, що ускладнює або унеможлиблює використання традиційних математичних підходів. У таких випадках доцільно застосовувати ітеративні методи, що базуються на евристичних процедурах. Вони дозволяють, якщо не знайти оптимальне рішення, то принаймні сформулювати такий план, який буде відповідати основним вимогам та вважатися прийнятним.

Після первинного розподілу ресурсів, коли вже визначено орієнтовні дати початку й завершення робіт, проводиться оцінка економічної доцільності реалізації проєкту [123]. Іноді результати такої перевірки вказують на неефективність прийнятих строків виконання. У такій ситуації необхідно переосмислити критерії розподілу ресурсів, розглянути варіанти залучення додаткових ресурсів, тобто здійснити повторну ітерацію планування. Після цього слід знову проаналізувати економічну і фінансову обґрунтованість оновленого плану. Ітераційний процес може повторюватися доти, поки не буде досягнуто задовільного результату – збалансованого плану реалізації.

План, що пройшов економічну оцінку, підлягає подальшому аналізу з урахуванням інших критеріїв. Зокрема, слід враховувати можливі коливання вартості, пов'язані зі змінами у витратах на ресурси, зміну цін, тимчасові

зупинки в роботі, навчання персоналу, надання премій за скорочення строків тощо. Також необхідно зважати на можливі зміни нормативно-правової бази, особливо щодо податкового регулювання [31]. Серед ключових економічних критеріїв варто виділити забезпечення максимальної зайнятості ресурсів та мінімізації періодів їхньої бездіяльності.

У процесі оптимізації плану може виникнути необхідність внесення коригувань для досягнення відповідності додатковим критеріям. Це, своєю чергою, може призвести до повернення на попередні етапи планування. Зрештою, у результаті кількох ітерацій формується уточнений варіант плану, максимально наближений до оптимального [107].

Отже, у більшості випадків традиційні математичні методи не дозволяють забезпечити повну оптимізацію планів у складних проєктних умовах. Натомість сучасні ітеративні підходи з використанням евристичних механізмів дають змогу сформувавши план, який, хоча й не завжди є оптимальним у строгому сенсі, проте є цілком прийнятним для реалізації.

Розглянемо проєкт, що складається з чотирьох основних етапів (А, В, С, D), для виконання яких передбачено обмежену кількість трудових ресурсів – 5 працівників на день. Тривалість та необхідні ресурси для кожного етапу наведено в таблиці 4.8:

Таблиця 4.8

Вихідні дані для планування

Етап	Тривалість (днів)	Потреба в ресурсах (осіб/день)
А	3	3
В	2	4
С	4	2
D	2	3

Перша ітерація передбачає попередній розподіл завдань наступним чином:

- етап А виконується в дні 1–3;
- етап В – одразу після А, дні 4–5;
- етап С починається паралельно з В у день 4 (оскільки потребує менше ресурсів);
- етап D – у дні 6–7.

День 4: В (4 особи) + С (2 особи) = 6 осіб > 5 – перевищення.

Однак у день 4 сумарна потреба в ресурсах становить 6 осіб (В + С), що перевищує доступний ліміт у 5 осіб.

Друга ітерація передбачає перенесення етапу С на дні 6–9, після завершення етапу В. Етап D, відповідно, виконується в дні 10–11. Це дозволяє дотримати ресурсних обмежень, але збільшує загальну тривалість проєкту.

Етап С відкладається на день 6–9, після завершення В.

Етап D виконується в дні 10–11.

Це забезпечує дотримання обмеження у 5 працівників/день, проте збільшує загальну тривалість проєкту.

Після коригування графіка виконання робіт доцільно провести економічну оцінку:

- Порівняння витрат на оплату праці при збільшеній тривалості;
- Аналіз можливості залучення додаткового працівника для скорочення строків виконання (наприклад, зменшення тривалості проєкту до 9 днів).

Висновок: Ітеративне коригування плану дозволяє знайти збалансоване рішення з урахуванням обмежених ресурсів, економічної ефективності та прийнятних строків реалізації проєкту.

Таким чином, ітеративне коригування плану дозволяє знайти компроміс між ресурсними обмеженнями, економічною ефективністю та загальною тривалістю виконання проєкту. Такий підхід є практичним прикладом використання евристичних методів у плануванні.

У процесі проєктного планування іноді трапляються ситуації, коли на попередніх етапах розглядається лише один варіант плану, без опрацювання альтернатив. У таких випадках завдання вибору між кількома варіантами не постає, а єдиний сформований план автоматично вважається оптимальним і приймається до реалізації. Важливо розуміти, що така ситуація можлива лише за умови, що план відповідає критеріям ефективності, ресурсної доступності та термінів реалізації.

Після прийняття оптимального варіанту плану необхідно перейти до його деталізації, зокрема – до формування розкладу використання ресурсів [88]. Це особливо актуально у випадках, коли:

- проєкт реалізується власними силами підприємства (тобто використовується штатний персонал);
- матеріальні ресурси мають бути поставлені замовником.

Основні дії на цьому етапі включають:

1. Ідентифікація ресурсів і їх розподіл у часі. Необхідно визначити, які саме ресурси (людські, матеріальні, фінансові, технічні) будуть залучені на кожному з етапів виконання проєкту, а також встановити часові рамки їх використання.

Наприклад: для будівельного проєкту слід визначити, коли саме буде потрібна робота мулярів, електриків, сантехніків, і як ці роботи узгоджуються в часі (табл.4.9)

Таблиця 4.9

Розподіл трудових ресурсів у часі (фрагмент календарного плану)

Вид робіт	Категорія працівників	Кількість працівників	Тривалість (тижні)	Період виконання
Земляні роботи	Робітники	10	2	01.05.2025 – 14.05.2025
Бетонування	Робітники	8	3	15.05.2025 – 04.06.2025
Монтаж обладнання	Інженери	4	2	05.06.2025 – 18.06.2025
Налаштування систем	ІТ-спеціалісти	3	2	19.06.2025 – 02.07.2025

2. Оптимізація сумарних графіків потреби в ресурсах. Після визначення потреб у ресурсах на кожному етапі проекту формується сумарний графік використання. Завданням є уникнення ситуацій, коли ресурси використовуються нерівномірно – наприклад, надмірне навантаження в один період і простої в інший.

Наприклад: якщо в одному місяці потрібно 50 працівників, а в іншому – лише 10, варто переглянути план, щоб розподілити навантаження більш рівномірно.

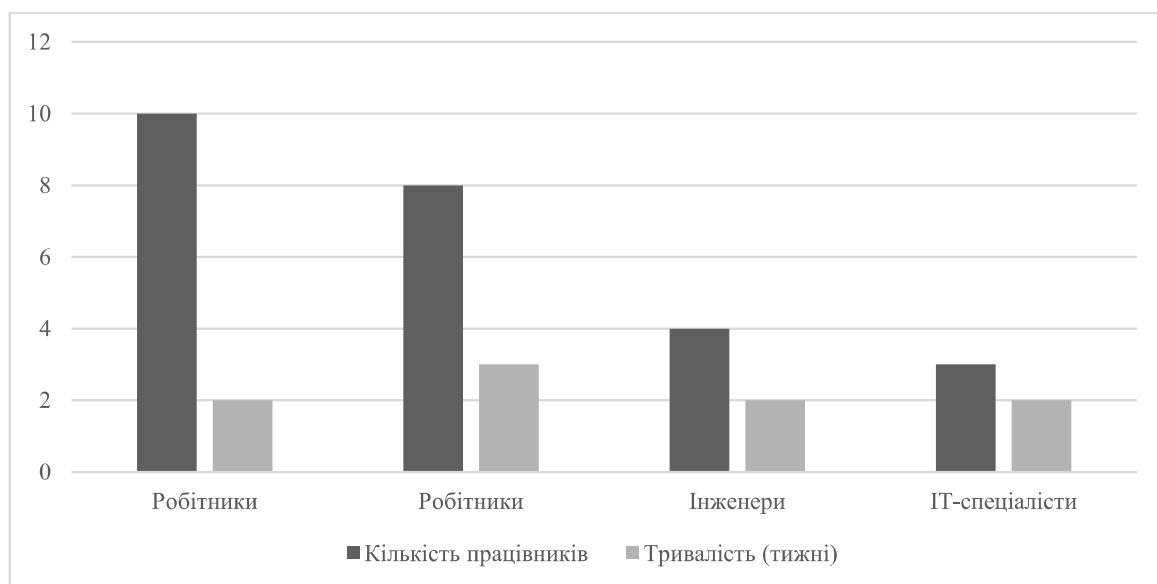


Рис. 4.9. Графік використання трудових ресурсів за етапами проекту.

3. Визначення постачальників ресурсів. Якщо ресурси, зокрема матеріали чи обладнання, поставляються ззовні, необхідно визначити надійних постачальників, укласти договори й погодити умови співпраці.

Наприклад: для ІТ-проекту можуть знадобитися сервери або ліцензійне програмне забезпечення, які надає зовнішній постачальник.

4. Складання графіків постачання ресурсів. Цей графік має узгоджуватися з календарним планом виконання робіт і забезпечувати своєчасне надходження всіх необхідних ресурсів.

Наприклад: якщо монтаж обладнання заплановано на липень, постачання відповідних компонентів має відбутися не пізніше червня (табл.4.10).

Таблиця 4.10

Графік поставки матеріалів

Найменування ресурсу	Об'єм постачання	Дата замовлення	Дата поставки	Відповідальний постачальник
Арматура (т)	12	20.04.2025	28.04.2025	ТОВ «МеталБуд»
Бетон (м³)	25	25.04.2025	05.05.2025	ПрАТ «Бетон-Сервіс»
Кабельно-провідникова продукція	1000 м	01.06.2025	10.06.2025	ТОВ «ЕлектроСтандарт»
Серверне обладнання	5 одиниць	05.06.2025	15.06.2025	ТОВ «ІТ-Партнер»

Етап планування реалізації проєкту вважається завершеним тоді, коли підготовлено повний пакет необхідної документації. Це включає:

- календарний план робіт;
- графіки використання трудових та матеріальних ресурсів;
- перелік постачальників;
- фінансові плани та бюджет;
- узгоджені графіки постачання.

Ці документи слугують основою для подальшого контролю за реалізацією проєкту, прийняття управлінських рішень і коригування плану в разі потреби.

Після первинного формування плану реалізації проєкту, в якому передбачено розподіл ресурсів у часі, зазвичай уже задані ключові параметри: строки початку та завершення робіт, послідовність виконання завдань, потреби у трудових, матеріальних і фінансових ресурсах. Проте подальший аналіз економічної обґрунтованості цього плану може виявити невідповідність між бажаними строками виконання робіт і фінансовими можливостями. У такому випадку необхідно переглянути планування – через кілька ітерацій, що враховують економічні, ресурсні та зовнішні фактори, формується план, наближений до оптимального (рис. 4.10).

Однак подальший аналіз економічної обґрунтованості цього плану може виявити невідповідність між бажаними строками виконання робіт і фінансовими можливостями замовника або інвестора [80]. Наприклад, виявляється, що одночасне залучення великої кількості персоналу або закупівля великої партії матеріалів у стислі терміни призводить до перевищення бюджету.

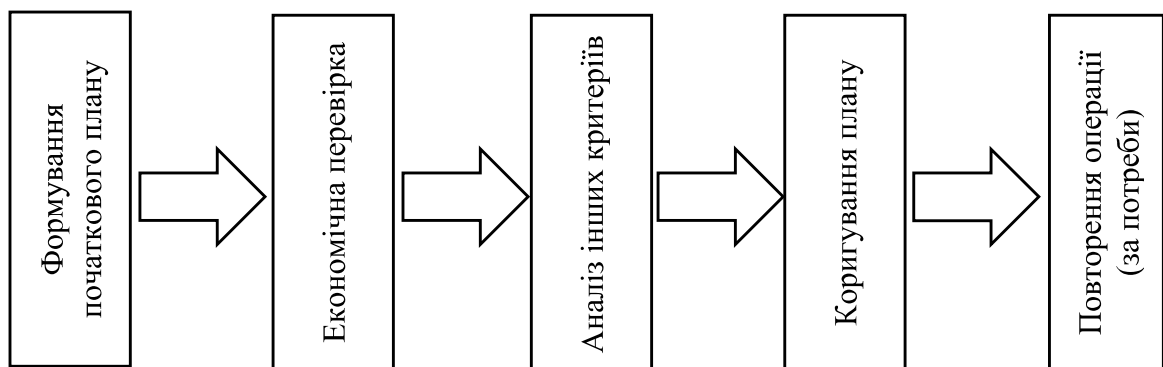


Рис. 4.10. Схема ітеративного планування

Крок 1. Виявлення економічних невідповідностей

На цьому етапі проводиться попередній фінансовий аналіз: розраховується загальна вартість реалізації плану, аналізуються касові розриви, можливість залучення зовнішнього фінансування, варіанти закупівлі матеріалів, умови оплати праці тощо.

Приклад: за планом проєкту передбачено доставку 100% обладнання в перший місяць, що потребує разового платежу у 3 млн грн. Проте замовник має ліміт витрат на цей період у розмірі 1,5 млн грн. Тобто виникає потреба у зміні графіка постачання або пошуку іншого постачальника з гнучкішими умовами оплати.

Крок 2. Перегляд критеріїв розподілу ресурсів

У випадку виявлення економічних обмежень доцільно повернутись до етапу планування ресурсів і провести його повторно. У ході другої (або наступної) ітерації розглядаються альтернативні варіанти:

- перерозподіл ресурсів у часі;
- заміна частини ресурсів дешевшими аналогами;
- зміна строків виконання робіт;
- застосування поетапного фінансування або постачання.

Приклад: замість одночасного залучення 10 працівників на будівельному етапі, планується поступове нарощування штату: від 4 до 10 працівників за 3 тижні. Це дозволяє рівномірно розподілити навантаження на фонд оплати праці.

Крок 3. Багатокритеріальна перевірка відповідності

План, що пройшов перевірку на економічну доцільність, слід оцінити за додатковими критеріями, що відображають реальні умови реалізації проєкту:

- Коливання ринкових цін: нестабільність цін на будівельні матеріали чи техніку може суттєво вплинути на бюджет.
- Можливі простой: затримка поставок або неготовність окремих учасників проєкту можуть порушити строки виконання.
- Соціальні чинники: зміни в оплаті праці, навчанні персоналу, преміальних заохоченнях за дострокове виконання.
- Зміни в законодавстві: нові податкові або митні правила, що впливають на вартість чи строки постачання.

Приклад: якщо план передбачає імпорт устаткування, необхідно врахувати можливе подорожчання через коливання валютного курсу або введення нових мит.

Крок 4. Оптимізація на основі результатів аналізу

Після проведення багатокритеріального аналізу виникає потреба внести додаткові зміни до плану. Це можуть бути:

- повторне перепланування робіт;
- зміна постачальників;
- адаптація графіка робіт до сезонних або зовнішніх факторів.

Цей процес може повторюватися кілька разів — до моменту, коли буде досягнутий збалансований варіант, що задовольняє всі ключові умови реалізації: часові, фінансові, ресурсні, організаційні.

На практиці рідко вдається сформулювати одразу ідеальний план. Саме тому ітеративний підхід вважається найбільш ефективним. Він передбачає:

1. Формування початкового варіанту плану.
2. Проведення перевірок і аналізів.
3. Внесення коригувань.

4. Перевірку нової версії плану.
5. Повторення циклу за потреби.

Традиційні математичні методи оптимізації рідко забезпечують пошук глобально оптимального рішення в складних умовах багатофакторності [22]. Натомість сучасні підходи – зокрема, евристичні алгоритми, генетичні методи, моделювання сценаріїв – дозволяють знайти якщо не найкращий, то принаймні прийнятний і реалізовний варіант плану.

Якщо на попередніх етапах планування розглядається лише один варіант проєкту без формування альтернатив, то необхідність у виборі між кількома варіантами автоматично відпадає. У цьому випадку саме той єдиний розроблений план вважається оптимальним і приймається до реалізації [1].

Після затвердження такого плану виникає потреба в деталізації ресурсного забезпечення проєкту, особливо якщо передбачається використання власного персоналу виконавця, а постачання матеріалів здійснює замовник. На цьому етапі потрібно виконати низку організаційних і аналітичних дій:

- ідентифікувати необхідні ресурси (людські, матеріальні тощо) та здійснити їх розподіл у часовому вимірі;
- оптимізувати сукупні графіки потреб у ресурсах для забезпечення рівномірного навантаження;
- визначити конкретних постачальників, відповідальних за забезпечення ресурсу;
- розробити календарні графіки постачання ресурсів відповідно до потреб проєкту.

Розробка плану реалізації вважається завершеною тоді, коли сформовано повний пакет проєктної документації, що включає всі розділи, необхідні для запуску та контролю виконання проєкту (рис.4.11).

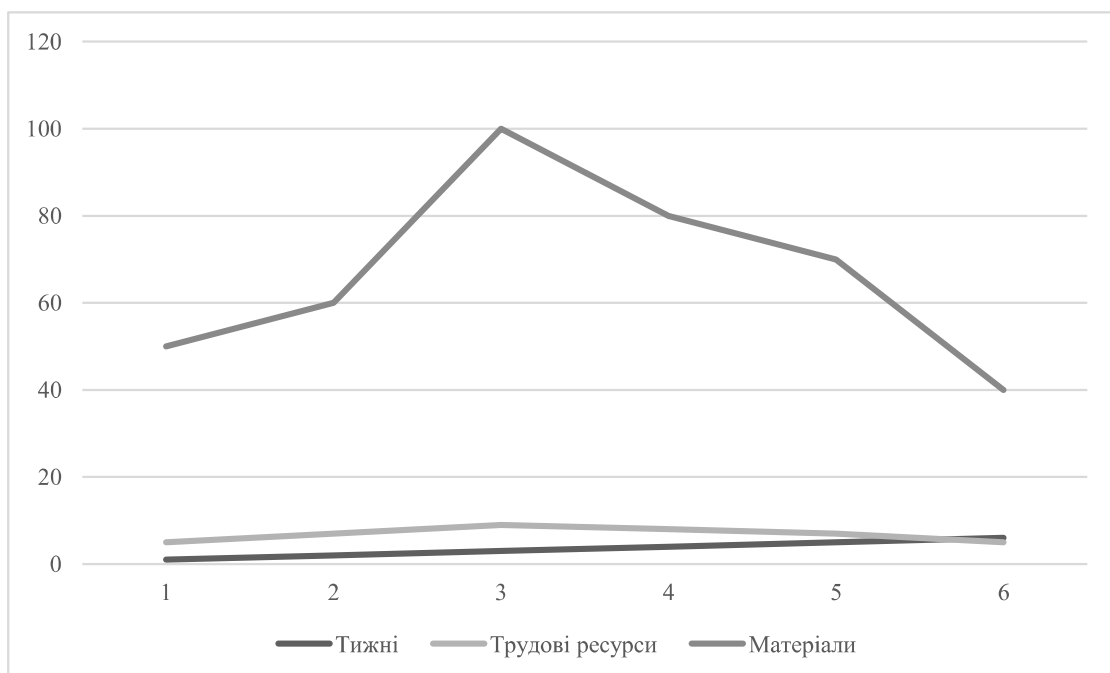


Рис. 4.11. Графік розподілу трудових ресурсів і матеріалів у часі

Таким чином, раціональне планування – це завжди процес адаптації [122]. У динамічному середовищі проєктної діяльності жоден план не може залишатися незмінним від початку до завершення реалізації. Зміни у зовнішньому середовищі (економічні, політичні, технологічні) або внутрішні чинники (зміна доступності ресурсів, помилки в оцінках, людський фактор) можуть істотно впливати на реалізацію проєкту. Саме тому ефективне управління проєктом має спиратися на принципи гнучкості, ітеративності та адаптивності.

Кожен етап планування повинен враховувати можливість перегляду рішень залежно від обставин, що склалися. Це означає, що керівники проєктів мають постійно оновлювати календарні плани, бюджети та ресурси, ґрунтуючись на актуальних даних, аналізі ризиків та отриманих результатах [57].

Процес адаптації полягає не тільки в оновленні даних, а й у зміні підходів до управління: наприклад, впровадження резервів часу або ресурсів, створення сценарних планів, використання методів гнучкого управління (Agile, Scrum тощо) в межах проєктів, що передбачають високу ступінь невизначеності.

Отже, адаптивне планування забезпечує:

- можливість швидкого реагування на відхилення;
- підвищення стійкості проєкту до ризиків;
- досягнення цілей у межах заданих обмежень;
- ефективне використання ресурсів у змінному середовищі.

У підсумку, здатність проєктної команди до оперативної адаптації планів і рішень є вирішальною умовою успішної реалізації будь-якого проєкту.

Ключові терміни і поняття

Календарне планування, дата раннього початку, дата раннього завершення, резерв часу, критична тривалість, критичний шлях, календарний графік, тривалість роботи, сіткове планування, сіткова модель, сітковий графік, роботи, подія, стрілчасті графіки; графіки передування, система PERT (метод оцінки та перегляду планів), модель типу «вершини - роботи», модель типу «вершини – події», змішана модель, алгоритм розрахунку сіткової моделі, оптимізація моделі.

Контрольні питання

1. Які форми графічного відображення робіт проєкту Ви знаєте?
2. Наведіть приклади застосування сіткового планування.
3. Охарактеризуйте елементи побудови сіткового графіка.
4. Які основні принципи побудови стрілчастих графіків та графіків передування?
5. Сутність, завдання та види календарних планів.
6. Назвіть основні етапи розробки календарних планів.
7. Яке значення сіткового планування в управлінні проєктами?
8. Що таке критичний шлях?
9. Що таке оптимізація сіткового графіка?
10. Охарактеризуйте основні напрямки оптимізації планів.