

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: **Визначення організаційно-технологічної надійності
 проектних рішень при реконструкції промислових будівель**

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-пцб-з
 спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

Лащухіна О. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц., к.т.н. Мішук К.М.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Рецензент

проф., д.т.н. Арутюнян І.А.

осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал

Запоріжжя

2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
" _____ " 20 ____ року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**


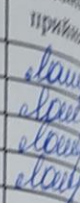

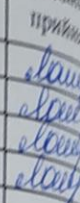

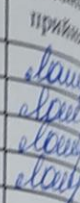

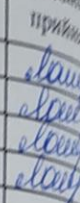
Лащухіна Ольга Степанівна
(прізвище, ім'я по батькові)
Тема роботи (проекту) Визначення організаційно-технологічної надійності
проектних рішень при реконструкції промислових будівель

Рівень роботи Мішук К.М., доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)
Затвержені наказом ЗНУ від " 25 " 05 2020 року № 599 - с
Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.
Вихідні дані до роботи конструктивні та організаційно-технологічні рішення
реконструкції цеху механічної обробки, навчальна, нормативна
та періодична література

Міст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз сучасних методів та моделей ухвалення рішень,
основні принципи моделювання, розрахунок тимчасових параметрів сітьових моделей,
оцінка її ефективності запропонованих методів

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, основні питання дослідження, аналіз сучасних методів та моделей,
проекування організаційно-технологічних рішень проекту.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		
Розділ 2	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		
Розділ 3	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		
Розділ 4	Мішук К.М., к.т.н.. доц.		

7. Дата видачі завдання

02 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Суть понять "інформація" і "рішення" в управлінні будівельним виробництвом	30.09.2020	
2.	Моделювання як основа для ухвалення рішень в управлінні будівельними виробництвом	21.10.2020	
3.	Методи оптимізації моделей будівництва об'єктів	05.11.2020	
4.	Реалізація методології оптимізації моделі будівництва об'єкта на прикладі реконструкції цеху механічної обробки заводу "Укрграфіт" в м. Запоріжжя	21.11.2020	
5.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2020	

Студент

Керівник роботи/проекту

Нормоконтроль пройдено


(підпис)Лащухіна О.С.
(прізвище та ініціали)
(підпис)Мішук К.М.
(прізвище та ініціали)
(підпис)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лащухіна О.С. Визначення організаційно-технологічної надійності проектних рішень при реконструкції промислових будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти кваліфікаційного магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук Інженерний навчально-науковий інститут, Запорізький національний університет, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Розглянути основні теоретичні аспекти сітьового планування і управління будівельного виробництва. Проведено аналіз факторів, які визначають багатоваріантність організаційно-технологічного рішення. Виконано аналіз використання сітьових моделей з імовірнісною тривалістю робіт. Виконано аналіз існуючих методів і моделей вироблення рішень планування будівельного виробництва на основі сітьової структури.

Обґрунтована надійність прийнятого рішення, на підставі розробленого комплексного укрупненого сітьового графіка та розраховані його тимчасові параметри, визначені оптимальні режими виконання робіт з урахуванням реалізації проекту у встановлений термін, виконана оцінка ризику.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ОПТИМАЛЬНЕ РІШЕННЯ, ОПТИМАЛЬНІ МОДЕЛІ, СІТЬОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ, РИЗИК, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ.

Список публікацій магістранта:

1. Лащухіна О.С. Визначення організаційно-технологічної надійності проектних рішень при реконструкції промислових будівель.. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С*

ABSTRACT

Lashchukhina O.S. Determination of organizational and technological reliability of design solutions for the industrial buildings reconstruction

Qualifying final work for obtaining a higher education degree of a qualifying master for specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific adviser K.N. Mishuk. Engineering Research Institute, Zaporozhye National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

The main theoretical aspects of network planning and management of construction production are considered. The analysis of the factors that determine the multivariance of the organizational and technological solution for the reconstruction of the object is carried out. The analysis of the use of network models with a probabilistic duration of work is carried out. The analysis of existing methods and models for developing decisions for planning construction production based on the network structure is carried out.

The reliability of the decision was substantiated, on the basis of the developed integrated consolidated network schedule and its time parameters were calculated, the optimal modes of work were determined, taking into account the implementation of the project on time, the risk assessment was performed.

Keywords: OPTIMIZATION, OPTIMAL SOLUTION, OPTIMAL MODELS, NETWORK MODELING, LINEAR PROGRAMMING, RISK, UNCERTAINTY.

List of postgraduate publications:

1. Лащухіна О.С. Визначення організаційно-технологічної надійності проектних рішень при реконструкції промислових будівель.. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С*

АНОТАЦИЯ

Лащухина О.С. Определение организационно-технологической надежности проектных решений при реконструкции промышленных зданий.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования квалификационного магистра за специальностью 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель К.Н. Мишук. Инженерный учебно-научный институт, Запорожский национальный университет, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Рассмотрены основные теоретические аспекты сетевого планирования и управления строительного производства. Проведен анализ факторов, которые определяют многовариантность организационно-технологического решения реконструкции объекта. Выполнен анализ использования сетевых моделей с вероятностной длительностью работ. Выполнен анализ существующих методов и моделей выработки решений планирования строительного производства на основе сетевой структуры.

Обоснована надежность принятого решения, на основании разработанного комплексного укрупненного сетевого графика и рассчитаны его временные параметры, определены оптимальные режимы выполнения работ с учетом реализации проекта в установленный срок, выполнена оценка риска.

Ключевые слова: ОПТИМИЗАЦИЯ, ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ, ОПТИМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ, СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАМИРОВАНИЕ, РИСК, НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ.

Список публикаций магистранта:

1. Лащухіна О.С. Визначення організаційно-технологічної надійності проектних рішень при реконструкції промислових будівель.. *Збірник матеріалів доп. участн. XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів ІННІ ЗНУ Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С*

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
1 СУТЬ ПОНЯТЬ «ІНФОРМАЦІЯ» І «РІШЕННЯ» В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВО.....	11
1.1 Характеристика і форма інформації в управління.....	11
1.2 Сутність, класифікація та процес вироблення управлінських рішень.....	16
1.3 Технологія прийняття управлінських рішень	18
1.4 Психологія прийняття і реалізації рішень.....	24
2 МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ.....	28
2.1 Поняття про моделювання.....	28
2.2 Моделі в управлінні і організації будівельного виробництва.....	30
2.3 Сітьові графіки будівництва окремих об'єктів та комплексів	33
2.3.1 Основні елементи сітьового графіка.....	33
2.3.2 Правила побудови сітьового графіка.....	36
2.3.3 Розрахунок тимчасових параметрів сітьових графіків.....	40
3 МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ.	44
3.1 Аналіз основних напрямів оптимізації моделей будівництва об'єктів.....	44
3.2 Обґрунтування критеріїв оптимальності та організаційно- технологічних обмежень.....	50
3.3 Організація будівництва об'єктів в заданий термін на основі економіко-математичних моделей з обмеженою пропускнуою спроможністю.....	55
3.3.1 Математична постановка задачі.....	55
3.3.2 Алгоритм рішення задачі.....	59

3.4 Моделювання задач планування і управління проектами в умовах невизначеності і ризику.....	64
4 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛІ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТА НА ПРИКЛАДІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАВОДУ «УКРГГРАФІТ» В М. ЗАПОРІЖЖЯ.....	78
4.1 Розробка укрупненого сітьового графіка на комплекс будівельно-монтажних робіт.....	78
4.2 Розрахунок часових параметрів комплексного укрупненого сітьового графіка табличним методом.....	82
4.3 Розрахунок комплексного укрупненого сітьового графіка при необхідності виконання будівельно-монтажних робіт у встановлений термін.....	88
4.4 Розрахунок комплексного укрупненого сітьового графіка з урахуванням ризику і невизначеності.....	94
ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: З розвитком ринкових відносин нашій країні суттєве значення приділяється розміру отриманого прибутку від реалізації проектів. Традиційні методи і суть планування розвитку і підготовки виробництва вичерпали свої можливості і змінити їх повинна варіантна системотехнічна розробка обґрунтувань: договірна ціна, тривалість реалізації, ресурси, що притягаються, і ризик. Роз'єднаність в підході, тимчасовому охопленні, функціональному і інформаційному аспектах має свої причини, відбиває існуючу практику підготовки виробництва. Всі ці обставини вимагають змін підходів до оцінки вироблення і ухвалення організаційно-технологічних рішень (ОТР) з урахуванням сучасних досягнень в області системотехніки, що вивчає технічні, організаційні і управлінські виробничі системи, міжсистемні зв'язки, сприяючі досягненню результатів виробництва.

Завдання, що входять до складу планування розвитку і підготовки конкретного виробництва, є багатоваріантними, багатокритерійними, мають оптимізаційну природу, і для вироблення ОТР потрібна єдина системна і методологічна основа. Тому гостро стоїть питання про прогнозування результатів їх реалізації. Приймати рішення в даному випадку доводиться ще на стадії проектування. Для цього необхідно мати достатню кількість достовірної інформації за конкретним проектом і змоделювати процес його реалізації.

У будівельному виробництві існує проблема, пов'язана з обґрунтуванням терміну реалізації проекту і необхідністю будівництва об'єктів у встановлений термін. Рішення в даному випадку необхідно приймати на основі оптимальних моделей з урахуванням обмеженості ресурсів, а також умов ризику і невизначеності. Для цього необхідно

використати сучасну теорію дослідження операцій, а також нові інформаційні і комп'ютерні технології.

Мета роботи – дослідження методів вибору оптимальних рішень в складних проектах, пов'язаних з проблемою обґрунтування термінів їх реалізації на стадії проектування на прикладі реконструкції промислової будівлі..

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **наступні завдання:**

1. Аналіз економіко-математичних методів та моделей вибору оптимальних рішень в будівельних проектах, пов'язаних з проблемою обґрунтування термінів їх реалізації на стадії проектування та їх актуальність на сучасному етапі розвитку виробництва

2. Дослідження наукових підходів, які використовуються для обґрунтування термінів реалізації проектів в умовах невизначеності.;

3. Розробка комплексного укрупненого сітьового графіка на прикладі реконструкції цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя.

4. На основі комплексного укрупненого сітьового графіка виконати розрахунки із застосуванням розглянутих методик для визначення оптимальних термінів реалізації проекту реконструкції.

5. Обґрунтувати надійність прийнятого рішення, та провести експериментальну перевірку отриманих результатів підготовки та реалізації організаційних рішень за допомогою імітаційного моделювання.

Об'єкт дослідження: є реконструкції цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя.

Предмет дослідження: є оптимальні моделі організації будівельного виробництва.

Наукова новизна: виконано практичне порівняння і оцінка організаційно-технологічного рішення в строк на основі сітьового підходу і методу імітаційного моделювання.

Практична цінність: впровадження в практику реконструкції об'єкта

використаної імітаційної моделі, яка забезпечує підвищення обґрунтованості, якості ОТР та ефективності будівництва в цілому.

Основні положення роботи докладалися в 2020 році на науковій конференції XXV Науково-технічна конференція аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ, (Запоріжжя, 2020р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 105 сторінок тексту, у тому числі 14 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел містить 43 найменувань

1. СУТЬ ПОНЯТЬ «ІНФОРМАЦІЯ» І «РІШЕННЯ» В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

1.1 Характеристика і форма інформації в управлінні

У понятті управління ми розрізняємо наступні елементи: об'єкт управління, суб'єкт управління - систему, що управляє, і середовище, що робить вплив на керований об'єкт.

Об'єктом управління стосовно будівництва може бути спорудження будинку або споруди, діяльність будівельних організацій або міністерства. Об'єкт управління складається з комплексу взаємозв'язаних елементів, що виконують окремі завдання для досягнення кінцевої мети. При зведенні промислового будинку до таких елементів можна віднести бригади робітників, машини, матеріали та інше.

Система, що управляє, це комплекс чинників, що впливають на об'єкт управління. Система, що управляє, складається з органів управління і технічних засобів, що забезпечують їх [11, 32-34].

Поняття середовища, що чинить дію на керовану систему, включає природно-кліматичні умови будівництва і чинники впливу суміжних систем по відношенню до тієї, що розглядається (робота інших організацій, фінансування і т. п.)

Система, що управляє, покликана направляти, координувати окремі елементи керованої системи у напрямі поставленої мети.

Інформація в сучасному розширеному тлумаченні включає обмін відомостями не лише між людьми, але також між людиною і ЕРМ, ЕРМ і ЕРМ, обмін сигналами в тварині і рослинному світі і носить загальний характер для будь-яких процесів - соціальних, психологічних, технічних та інше.

Основоположниками наукового підходу до поняття «інформація» були англійський нейрофізіолог У. Ешби і французький фізик Л. Бриллюэн. Використовуючи поняття ентропії, тобто невизначеності системи, вони розглядали передачу інформації деякій системі як засіб підтримки необхідного стану цієї системи або як удосконалення системи, що веде до зменшення її невизначеності, тобто її ентропії.

Таким чином, інформація - повідомлення, зменшуючи невизначеність в тій області, до якої воно відноситься. [11, 32-34]

Будь-яка система характеризується певним набором ознак, що істотно змінюються в процесі її функціонуванні. Для здійснення якої-небудь дії, що управляє, необхідно точно знати усі параметри системи на момент ухвалення рішення, тобто необхідно мати точну інформацію про цю систему. Процес управління полягає в послідовному застосуванні дій, що управляють, тому інформація є основою управління і сполучною ланкою між об'єктом і суб'єктом управління.

Дану методику розглядали таки видатні вчені як До. Шенон, А.Н. Колмогоров та інші, та визначили, що кількісна оцінка інформації дозволила створити строгую теорію інформації — інформатику.

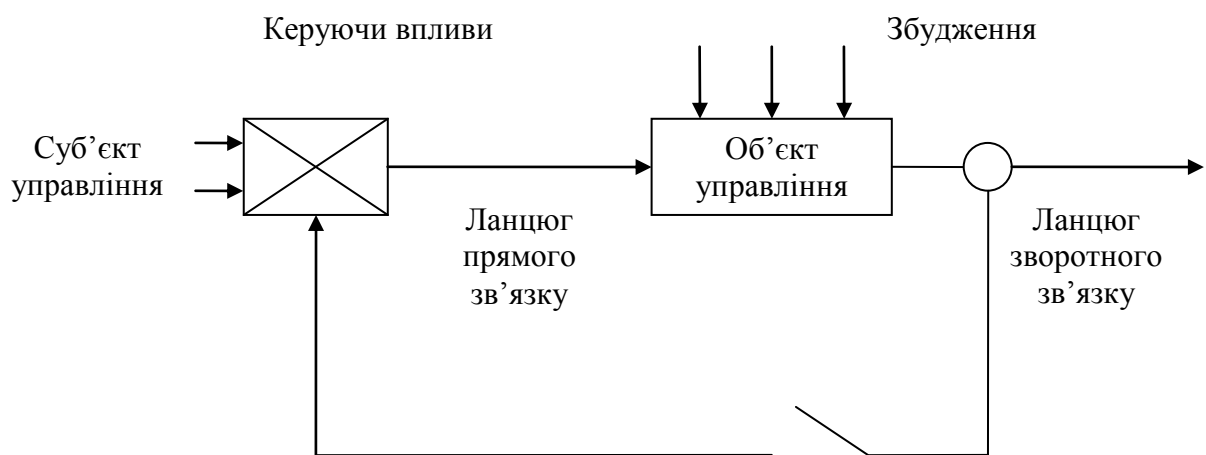


Рисунок 1.1 - Принципова схема управління

Розглянемо приведену на рис. 1.1 принципову схему управління [11]. Проходження дії (інформації, що управляє), що управляє, через об'єкт

управління і отримання сигналу у відповідь про результат його дії (звітній інформації) складають цикл звернення інформації. Ланцюг, що зв'язує вихід об'єкту управління з його входом, утворює ланцюг зворотного зв'язку. Зворотний зв'язок є тим засобом, за допомогою якого суб'єкт управління дізнається про результат своєї дії на об'єкт управління.

Уявимо собі, що контур управління розімкнуть в ланцюзі прямого або зворотного зв'язку. Суб'єкт управління не може передати команду або перестане отримувати дані про результати своєї дії, а також дії обурюючих чинників на об'єкт управління і втрачає можливість прийняти обґрунтоване рішення в умовах відсутності необхідної і своєчасної інформації. Кожну наступну дію, що управляє, усе з меншою мірою вірогідності повертатиме об'єкт в заданий стан, і, нарешті, настане момент, коли саме поняття «управління» по відношенню до цього об'єкту стане неприйнятним, оскільки дії, що управляють, носитимуть характер випадкових обурень. Аналогічна ситуація може виникнути при замкнутому ланцюзі зв'язку у тому випадку, якщо час проходження інформації по контуру управління значно перевищуватиме період зміни стану об'єкту управління, тобто якщо величина циклу звернення інформації буде неприпустимо велика.

Таким чином, під величиною циклу звернення інформації $T_{ц.зв.}$ мається на увазі час, який витрачається в системі управління від моменту передачі дії (інформації, що управляє), що управляє, до отримання сигналу у відповідь про результат дії (звітній інформації). Цей час складається з часу проходження інформації по ланцюгу прямого і зворотного зв'язку:

$$T_{ц.зв.} = T_{пр.з'язок.} + T_{зв.зв'язок.} \quad (1.1)$$

Величина циклу може змінюватися в дуже широких межах від нескінченності у разі розімкненого ланцюга зв'язку до доль секунд в сучасних складних контурах управління, працюючих в реальному масштабі часу. У будівельному виробництві залежно від величини цього циклу розрізняються різні режими планування : годинне, добове, тижневе, місячне

та інше. Великою циклу звернення характеризується оперативність управління.

Інформація впродовж певного часу зберігає своє значення. Величина цього часу характеризується мірою постійності інформації. За цією ознакою інформація буває постійна, умовно-постійна, змінна. Постійна інформація не змінює свого значення впродовж тривалого періоду часу (найменування підприємства або установи, найменування і шифр виробів, деталей, документів та інше). Умовно-постійна зберігає своє значення на певний період часу (ціни, нормативи та інше). Змінна характеризується випадковістю свого виникнення в часі (кількість виготовленої продукції, кількість відпущених матеріалів та інше).

Величина, або щільність, потоку інформації I_n характеризується об'ємом інформації G , що передається в одиницю часу n . Об'єм інформації може виражатися у бітах, байтах, кількості знаків, кількості документів і інших величинах :

$$I_n = G/t \quad (1.2)$$

Щільність потоку у більшості випадків нестабільна і змінюється, утворюючи «періоди пік».

Вивчення потоків інформації має велике значення для раціональної організації управління. Системи управління є людино-машинними системами, головну роль в яких грає людина, що має обмежену здатність переробки інформації (не більше 25 біт інформації в секунду). Об'єм відомостей, періодичність їх представлення, щільність і режим потоків інформації, що визначають стан об'єкту, мають бути погоджені з можливістю втручання ланки, що управляє, в контрольованому процесі. Надмірний об'єм і зайва частота передачі відомостей можуть перевантажити ланку, що управляє. В той же час не достаток даних не дозволяє об'єктивно оцінити стан справ і прийняти правильне рішення.

Для оцінки об'єму і ефективності отриманої інформації може служити відношення використуваних даних до загального об'єму отриманих повідомлень.

Впорядкований в часі і просторі рух інформації називають потоком інформації. Будь-яка будівельна організація (компанія, фірма) є дуже складною системою, усередині і поза якою у різних напрямках переміщається маса різного роду інформації, що утворює потоки інформації. Записи, усні повідомлення на нарадах - це лише одна з форм інформації; проекти, кошториси, технологічні карти - інша форма. Процес будівництва об'єктів також створює відповідну інформацію. Практично будь-які характеристики виробничих операцій, операцій в області управління, забезпечення і в інших сферах, які можна спостерігати і реєструвати, складають потенційну інформацію.

Класифікація потоків інформації здійснюється залежно від призначення, напрямку, змісту і щільності.

Залежно від призначення розрізняють інформацію планову, нормативну, облікову та інше. Формування і впорядкування інформаційних потоків засноване на чіткому узгодженні з функціями управлінських підрозділів системи.

По відношенню до цього органу управління інформацію ділять на внутрішню, тобто циркулюючу тільки усередині цього органу, і зовнішню, яка у свою чергу складається з вхідної (що входить) і вихідної (що виходить) інформації.

По напрямку розрізняють горизонтальні потоки інформації, управління одного рівня, що зв'язують органи, і вертикальні (висхідні і низхідні), зв'язуючи органи різних рівнів. Висхідні потоки - це вхідна інформація від підпорядкованих органів і вихідна інформація, що направляється у вищестоящі організації, наприклад, дані, що поступають від технічного відділу до керівника відділу і далі керівнику підприємства. Низхідні - це вхідна інформація від вищестоящих органів і вихідна, спрямована підлеглим.

З точки зору організації розрізняють інформацію систематизовану і несистематизовану. Систематизована інформація регламентується по складу показників, термінам представлення відправникам і одержувачам. До такої інформації у будівництві відносяться наряди виконання робіт, акти, балансові звіти, місячна статистична і бухгалтерська звітність та інше. Несистематизована інформація не регламентується цими характеристиками. Вона зазвичай поступає епізодично (інформація про зрив постачань матеріалів, про вихід з ладу механізму та інше). [11]

Інформація може бути документованою і не документованою. Документована фіксується в звітах, довідках, протоколах, планах, наказах, постановках, інструкціях та інше. Не документована виникає в ході особистого обміну думками - бесіди, розмови по телефону, наради - і не фіксується.

1.2 Сутність, класифікація та процес вироблення управлінських рішень

Процес управління - діяльність об'єднаних у визначену систему суб'єктів управління, спрямована на досягнення цілей фірми шляхом реалізації певних функцій з використанням методів управління. Як правило, процеси управління фірмою дуже різноманітні, багатогранні і мають складну структуру (складаються з великого числа стадій і фаз) [30,31,34].

Процес управління виробництвом полягає в підтримці стійкого режиму функціонування системи шляхом прийняття і реалізації рішень. Під рішенням розуміється вибір способу дії для досягнення цілей управління [11,34,36,40].

Управління по суті є безперервним процесом ухвалення тих або інших рішень, до цього зводиться уся діяльність суб'єкта управління (управлінського органу, посадовця, керівника будь-якого рівня).

У рішенні як творчому акті суб'єкта управління розрізняють змістовну сторону (якій проблемі присвячена і в якому напрямі вона має бути вирішена) і організаційно-технологічну.

Технологічно процес управління незалежно від конкретних цілей, що стоять перед органом управління, є ряд послідовних операцій - етапів, кульмінаційним пунктом яких є ухвалення рішення.

Необхідність в рішенні виникає за наявності проблеми, яка з'являється як наслідок відмінності між існуючим і необхідним (чи бажаним) станом системи.

Визначення мети (отримання завдання), з'ясування і формулювання завдання - перший етап технології управління; залучення (збір) інформації для вивчення ситуації - другий етап. Підготовка рішення шляхом усебічного аналізу зібраної інформації, розробки і порівняння можливих варіантів дії - сенс третього етапу, що закінчується четвертим етапом - ухваленням рішення. На п'ятому етапі організується його виконання. Останній, шостий етап призначений для контролю за виконанням рішення і аналізу результатів. [11,34].

Сукупність етапів ухвалення рішень утворює поняття циклу управління. Управлінський цикл повторюється як би по висхідній спіралі, просуваючи керовану систему у напрямі поставленої мети.

Рішення базується на знанні і обліку об'єктивних закономірностей і в той же час, будучи продуктом людської діяльності, несе в собі суб'єктивне начало. Тому рішення поєднує технічний підхід і елементи творчості, мистецтва.

Управлінське рішення повинне відповідати ряду вимог [11]:

- рішення має бути своєчасним, т. е. відповідати етапу розвитку проблеми, не запізнюючись і не випереджаючи події;
- рішення має бути повноважним, т. е. прийматися керівником в межах його прав;

- рішення має бути конструктивним, таким, що враховує ситуацію і інтереси системи в цілому;
- рішення має бути ясным за формою, лаконічним і несуперечливим.

По мірі охоплення об'єкту розрізняють загальні, приватні і локальні рішення.

За тимчасовою ознакою - стратегічні, розраховані на тривалу перспективу, і тактичні (оперативні), пов'язані з поточною діяльністю.

За функціональною ознакою - відповідно до видів управлінської діяльності (облік, планування, оперативне управління та інше).

По мірі повноти інформації розрізняють рішення, що приймаються в умовах визначеності, умовах ризику і умовах невизначеності.

Ухвалення рішення в умовах ризику означає, що можливі декілька варіантів результату, у тому числі і небажані варіанти, причому кожен з результатів має певну вірогідність появи. Вибір в умовах невизначеності означає можливість різних результатів прийнятого рішення, але вірогідність цих результатів невідома.

1.3 Технологія прийняття управлінських рішень

Під технологію прийняття управлінських рішень необхідно розуміти склад і послідовність процедур, які приводять до вирішення проблем в комплексі з методами розробки і оптимізації альтернатив.

Процес прийняття рішення – це циклічна послідовність дій суб'єкта управління, направленою на розв'язання проблеми організації і міститься в аналізі ситуації, генерації альтернатив, прийнятті рішення і його виконанні (рис. 1.2) [26,31,34,40].

1) Визначення мети (отримання завдання), з'ясування і формулювання завдання. Мета може бути продиктована вищестоящим органом управління, виявитися в результаті розвитку подій у зв'язку з виконанням певного етапу по раніше прийнятому плану або як реакція на відхилення від нормального

ходу виробництва. При з'ясуванні мети враховуються необхідні ресурси, терміни виконання, зв'язок можливого рішення з суміжними питаннями.

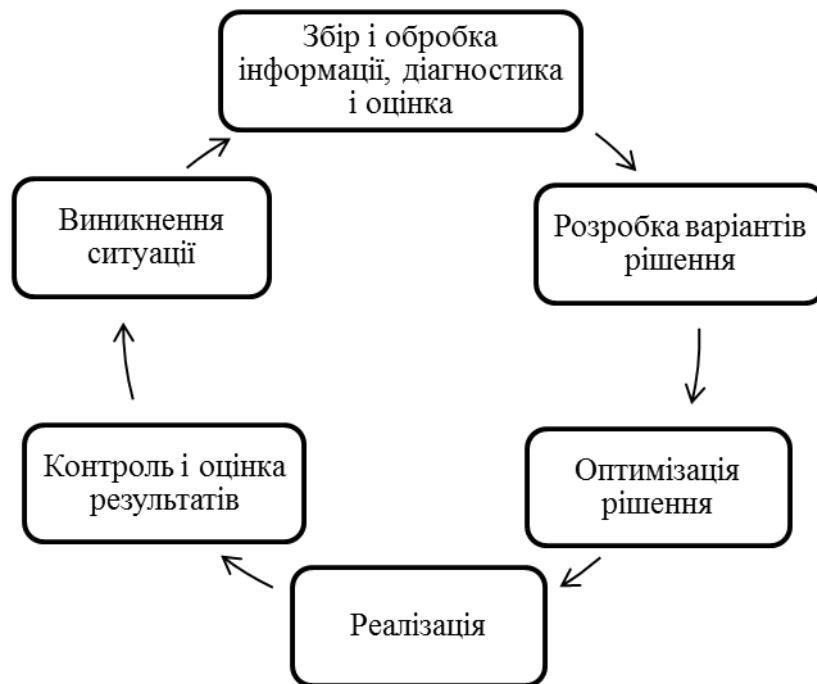


Рисунок 1.2. – Етапи процесу прийняття управлінських рішень

Складність правильного визначення мети полягає в тому, що управлінська діяльність, як правило, орієнтована на досягнення певних показників, цілей, критеріїв (введення, зниження витрат ресурсів, собівартість та інше). Безліч цілей викликає необхідність їх ранжирування, побудови ієрархії цілей для виявлення найбільш важливої з них. У різних ситуаціях, виходячи з основного завдання на цей період, ця мета може бути різною. У правильній постановці проблеми, виборі мети і постановці завдання - запорука її успішного рішення.

2) Залучення (збір) інформації. Наявність своєчасної і достовірної інформації в необхідному і достатньому об'ємі - основа вироблення правильного рішення. Інформацію для ухвалення рішення готують по-різному залежно від вирішуваного питання. Велика частина інформації (приблизно 2/3) є умовно-постійною, її джерелами служать довідково-

нормативні дані, звітна і планова документація, проекти і кошториси. Подібна інформація використовується для вирішення поточних завдань. Найбільш складною і часом суперечливою є вхідна інформація, що відбиває динамізм виробничо-господарської діяльності, схильної до безперервних зовнішніх дій (погодно-кліматичні умови; зрив постачань; порушення графіку робіт та інше).

Для основної маси управлінських рішень окрім поточної потрібна спеціально зібрана інформація. Таку інформацію потрібно збирати цілеспрямовано. Способи збору можуть бути найрізноманітніші: запити з місць, бесіди з фахівцями і робітниками, особисті спостереження та інше.

Керівник повинен своєчасно організувати збір і обробку інформації. При цьому може мати місце як надлишок, так і недолік інформації. При надлишку даних важко відшукати ті, які потрібні для вирішення проблеми. Недолік інформації призводить до того, що до моменту ухвалення рішення бракує найпотрібніших даних. Тому збір і аналіз інформації із самого початку має бути керованим процесом. Від його цілеспрямованості у вирішальному ступені залежить формулювання варіантів рішення. Збір інформації організовується під контролем і за вказівкою особи, що приймає рішення (ЛПР), а до аналізу інформації притягуються фахівці.

3) Підготовка рішення. Інформація, що поступила, відбирається для надання їй виду, зручного для обробки. В ході обробки оцінюється достовірність даних і робиться відсівання непотрібних і недостовірних даних. Повний аналіз усієї сукупності отриманої інформації дозволяє приступити до формулювання і відбору можливих варіантів рішень.

При аналізі отриманої інформації, як правило, використовуються логічний апарат порівняння, аналогії, абстрагування, аналізу, синтезу, індукції і дедукції, різні методи доказів.

Якщо інформація формалізується, то для її обробки і аналізу використовуються кількісні методи: угруповання; складання статистичних

таблиць; числення долею відсотків; кореляційний аналіз і інші математичні методи.

Звичайне рішення, спираючись на досвід і інтуїцію керівника, розробляють в одному варіанті, ігноруючи інші можливості рішення. В той же час наявність декількох варіантів дозволяє поліпшити рішення, забезпечити оптимальність результатів. В цьому випадку розробка рішення проходить декілька стадій: відбір і формулювання можливих варіантів рішення, вибір кращого з них. Керівник відбирає можливі варіанти рішення, керуючись певними критеріями, сформульованими ще на етапі визначення мети. У будівельному виробництві неможливо встановити єдиний для усіх випадків критерій оптимальності. У кожному конкретному випадку необхідно визначити конкретний критерій. У будівельному виробництві такими критеріями зазвичай виступають об'єм робіт, тривалість і терміни, трудові витрати, рідше собівартість.

Визначивши критерії, аналізують інформацію про внутрішні і зовнішні чинники, що впливають на хід виконання рішення. Особливо уважно оцінюються можливості виконавців.

Після опрацювання і оцінки альтернатив приступають до найбільш відповідального моменту - вибору кращого з варіантом, т. е. до ухвалення рішення.

4) Ухвалення рішень полягає у виборі кращого з наявних варіантів, хоча його перевага не завжди очевидна. Може виявитися, що прийнятні два варіанти або більше. В цьому випадку керівник, порівнюючи їх за додатковим критерієм, робить остаточний вибір. Самі кращі рішення не можуть дати результату, якщо не організувати їх виконання. Після оголошення прийнятого рішення приступають до не менш складного етапу - організації його виконання.

5) Виконання прийнятого рішення розпочинається з його оформлення у вигляді наказу, розпорядження, плану, графіку або усної вказівки. Форма доведення рішення до виконавців повинна відповідати значущості рішення,

його місцю в системі управління. Форма наказів і розпоряджень відповідає рівню керівника організації. Виконроби і майстри, будучи безпосередніми керівниками виконавців, в оперативній роботі, як правило, віддають усні розпорядження. Посадовці високого рангу теж широко використовують в керівництві усні вказівки, а лінійні працівники в необхідних випадках проводять свої вказівки через наказ (проявляючи ініціативу, обґрунтовують і готуючи його), графік, виданий робітникам наряд і іншими письмовими способами.

Загальною вимогою до усіх рішень незалежно від способу його доведення до виконавців являється обов'язковість виконання, для чого особи, яким доручено проводити рішення в життя, повинні організувати доведення рішення до виконавців, створити сприятливі умови для його реалізації, а в процесі його здійснення використати усі наявні в їх розпорядженні методи управлінського впливу.

Початковим етапом виконання досить великого і складного рішення є організаційний план. При його розробці завдання розчленовується на частини - етапи, окремі під задачі за просторовою і тимчасовою ознакою, по виконавцях. Для вирішення приватних і поточних питань немає необхідності оформляти спеціальні плани-заходи, в цьому випадку даються лише необхідні роз'яснення і уточнення.

Для виконання рішення необхідно підібрати виконавців відповідної кваліфікації, розподілити обов'язки між ними, забезпечити їх ресурсами і забезпечити необхідними умовами.

Рішення має бути доведене до виконавців, під якими маються на увазі не лише керівники, але і усі працівники, що беруть участь в реалізації рішення. При великій значущості рішення з його змістом необхідно ознайомити увесь колектив працівників, притягаючи і спираючись на громадські організації. В процесі роз'яснення завдання організатор повинен впливати на свідомість і почуття, використовуючи поєднання моральних і матеріальних стимулів.

б) Контроль за виконанням рішення і регулювання. Мета контролю - своєчасне попередження можливих відхилень від заданої програми, виявлення допущених відхилень і своєчасне вжиття заходів по їх ліквідації. Ефективний контроль неможливий без чітко налагодженого урахування робіт по реалізації рішення. Практична трудність контролю полягає в тому, що доводиться одночасно спостерігати за ходом виконання багатьох рішень, що знаходяться на різних етапах реалізації і тісно переплітаються між собою. Контроль здійснюється постійно діючою системою (оперативно-диспетчерським управлінням, кураторами), повідомленнями виконавців, особистою перевіркою з боку спеціально виділеним працівником апарату управління.

Добре налагоджений контроль є надійним зворотним зв'язком, що забезпечує нормальний процес регулювання системи, своєчасне усунення виникаючих перешкод. В процесі реалізації саме рішення може коригуватися. І в цьому випадку особливо важливо мати в розпорядженні точні дані контролю і обліку про стан виконання рішення. Інформація про виконання рішення служить основою для розробки нових рішень.

Представлена послідовність процесу прийняття рішень відображає логіку управлінської діяльності, а не її складність. На практиці цей процес більш складний і допускає як послідовне так і рівнобіжне виконання ряду етапів, що дозволяє значно скоротити час прийняття рішень. Ефективність цього процесу багато в чому залежить від методів, якими оперують менеджери при виконанні всіх необхідних видів управлінських робіт.

Велике значення має розуміння ухвалення рішення як самостійного акту, що має свої власні закономірності, без чого неможливо пояснити, чому при однаковій ситуації часто приймаються різні рішення. [11,27,30-34].

Знання «анатомії» ухвалення рішення допомагає керівникові активніше удосконалювати свої управлінські навички.

1.4 Психологія прийняття і реалізації рішень

Психологічне забезпечення управлінської діяльності сучасного керівника сформувалось на базі соціальних, педагогічних та психологічних положень, які висунули і розвинули у своїх працях Б.Г. Ананьєв, А.А. Бодальов, Л. С. Виготський, Є.А. Клімов, А.Н. Леонт'єв, С.Д. Максименко, А.К. Маркова, В.С. Мерлін, С.Л. Рубінштейн, В.В. Давидов, П.Я. Гальперін, А. І. Китов та інші.

Проблема прийняття управлінських рішень у різних умовах є предметом наукових досліджень багатьох вітчизняних та закордонних авторів, зокрема М. Мескона, Г. Саймона, Ф. Харрісона, И. Ансоффа, Б. Литвака, О. Віханського, А. Наумова, В. Колпакова, Р. Фатхутдінова та інших. Серед найновіших вітчизняних досліджень особливо виділяються роботи М. Лесечко, А. Чемерис, Р. Рудніцької [2], які досліджували психологію управлінських рішень та процес створення ефективних управлінських команд; О. Мармази, яка розробила сучасні моделі прийняття управлінських рішень [3]. У вказаних працях охоплюється широкий спектр загальнотеоретичних і прикладних проблем ухвалення управлінських рішень, але недостатньо враховані нові реалії гостроконфліктних, кризових ситуацій, що склалися у сфері управління в Україні за останні роки.

Прийняття і реалізація рішення визначаються не лише об'єктивними чинниками, але багато в чому залежать від чинників суб'єктивних - стилю роботи керівника, його волевих якостей і емоційного стану.

В процесі вироблення і ухвалення рішення об'єктивний і суб'єктивний чинники виступають в діалектичній єдності. Об'єктивний чинник - це умови виробництва, суб'єктивний - досвід, знання, інтуїція, ерудиція, індивідуальні особливості мислення, воля керівника. Вплив цих чинників може бути як позитивним, так і негативним. Знання механізму психологічної дії, впливи особових якостей допомагає краще організувати вирішення проблеми.

Стиль керівництва - це переважаючий для певного керівника спосіб рішення проблем. Існує багато класифікацій стилів управлінської діяльності. Найбільш поширено традиційне ділення на три основні стилі: авторитарний, демократичний і ліберальний. [11,30-34]

Авторитарний стиль відрізняється ухваленням рішення без консультацій з колегами і підлеглими, часом усупереч їх думці. Керівник такого стилю віддає перевагу адмініструванню, обмежує контакти з підлеглими, наполягає на беззастережному прийнятті і виконанні усіх його рішень. Таким керівникам властива претензія на свою винятковість, на природжену передпризначеність для керівної роботи.

Ліберальний стиль характерний для керівників, що уникають при вирішенні питань застосовувати в необхідних випадках владу і брати на себе відповідальність, вважають за краще передати складне і важке рішення вищестоящої інстанції. Такий керівник багато уваги приділяє потребам підлеглих, іноді віддаючи перевагу приватним інтересам на шкоду громадським. Такий керівник за всяку ціну прагне уникати гострих ситуацій, а у разі їх виникнення охоче передає їх рішення підлеглим.

Демократичний стиль в протилежність авторитарному відрізняє керівника, схильного радитися з підлеглими, надавати їм можливість в максимальній мірі проявляти ініціативу в постановці і рішенні завдань. Такий керівник орієнтується на добровільне підпорядкування і співпрацю, а не на формальне підпорядкування авторитету влади. Демократичний керівник багато уваги приділяє задоволенню матеріальних і моральних інтересів колективу і його окремих членів.

Порівняння стилів говорить на користь демократичного методу керівництва, розвиток якого характерний для сучасного етапу.

Приведена класифікація не є вичерпною і характерна значним схематизмом. У реальній практиці керівник рідко є носієм одного стилю. Як правило, в керівнику складно поєднуються різні стилі з переважанням характерних рис однієї спрямованості. Знання стилів в якійсь мірі дозволяє

керівникові аналізувати свої дії, коригувати їх, покращувати свій індивідуальний стиль поведінки.

Рішення дуже рідко є тільки наслідком аналітичного виводу, оскільки вимагає людського і неформального розуміння проблеми.

Академік Н.М. Амосов вважає, що обробка інформації (тобто і ухвалення рішення) здійснюється як би на двох рівнях: гносеологічному (пізнавальному) і емоційному. Тому результат обробки інформації людиною залежить не лише від змісту самої інформації, але і від його емоційного стану зараз.

По одому з визначень, «рішення - один з необхідних моментів вольової дії». Вольовий чинник - одна із складових, під дією яких приймається рішення. Призначення вольового чинника полягає в тому, щоб з багатьох можливих варіантів дії вибрати один і потім наслідувати вибране рішення. Більше того, значення вольового чинника полягає в ухваленні рішення за відсутності повних даних, т. е. в умовах більшої або меншої невизначеності.

Досвідчені, з сильною волею керівники швидко долають боротьбу мотивів, вона у них згорнута в часі, але досить глибока і все стороння.

Керівник несе повну відповідальність за рішення, що приймаються. Для цього потрібно мати такі важливі вольові якості, як самостійність і рішучість. Керівник не може знати усе про усе. Він заслуховує пропозиції і ради своїх підлеглих, які часто можуть бути неповними, суперечливими і навіть помилковими. Рішучість дозволяє швидко побороти сумніви і не повертатися до них, принаймні, зовні, в процесі виконання рішення.

Загальновідомо, що підлегли краще виконують вказівки тих керівників, які твердо стоять на своєму. Часті відміни і зміни своїх вказівок ведуть не лише до дезорганізації виконання конкретного рішення, але і підривають віру підлеглих у свого начальника.

Участь вольової дії з етапів ухвалення рішення можна представити у вигляді ряду психологічних елементів. При виборі і постановці мети

вольовий момент проявляється в прагненні до її досягнення, а потім у виборі шляхів і засобів дії.

При ухваленні рішення відбувається боротьба мотивів. Вольовий керівник швидше долає боротьбу мотивів, що дозволяє йому досить швидко приймати рішення. Боротьба мотивів є присутньою і на етапі виконання прийнятого рішення. Обстановка може мінятися і вимагати ухвалення приватних рішень, що уточнюють первинний план. На завершальному етапі вольовий початок забезпечує активні і цілеспрямовані дії для виконання рішення.

Характер взаємовідносин між начальником і підлеглим має дуже велике значення. Від них залежить ефективність виконання поставленого завдання, оскільки воно може або сприяти активності і ініціативі працівників, або, навпаки, пригнічувати психіку виконавців. Рішучість і твердість мають бути присутніми на усіх етапах взаємовідносин з підлеглими.

Твердість зазвичай проявляють керівники, що мають розум і достатні професійні знання, бо правильний і досить швидкий аналіз ситуації зміцнює упевненість у своїх рішеннях. Твердість не має нічого спільного з упертістю і грубістю. Останні, як правило, результат відсутності гнучкості мислення, розумової обмеженості або хворобливої самолюбності.

Грубі, нетактовні керівники зазвичай мають посередні знання і здібності, і часто це недостатньо вольові люди. Нездатний переконати підлеглих, авторитетно дати вказівку, невпевнений у своїх діях, такий керівник грубістю, криком, образою «компенсує» свою неповноцінність як організатора. Твердо стягаючи з підлеглих за упушення в роботі, керівник повинен робити це тактовно.

У будь-якого працівника можуть бути помилки і невдачі. Не слід звалювати провину за невдачу, особливо перед вищестоящими керівниками, на своїх підлеглих. Більше гідно для керівника узяти провину на себе, не підставляючи під удар.

2. МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ДЛЯ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ БУДІВЕЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

2.1 Поняття про моделювання

Для будь-якого завдання управління характерна множинність її рішень. Крім того, постійне ускладнення техніки і технології будівельного виробництва і пов'язане з ним ускладнення процесу управління роблять вибір оптимального рішення надзвичайно важким.

Вихід з цього положення при рішенні багатьох проблем управління будівельним виробництвом полягає в застосуванні економіко-математичних методів (ЕММ) і обчислювальної техніки (ОТ) в основних сферах і ланках управління будівництвом. Використання моделей - характерна риса ЕММ.

Модель є абстрактним відображенням найбільш суттєвих характеристик, процесів і взаємозв'язків реальних систем. Модель - це умовний образ об'єкту, сконструйований для спрощення його дослідження. [11,12,41]

За властивостями моделі можна судити про найбільш суттєві властивості об'єкту, які аналогічні і в моделі, і в об'єкті і є основними для досліджень і рішень певного круга завдань. Модель містить і породжує інформацію, адекватну інформації модельованого об'єкту (оригіналу).

У організаційно-технологічному проектуванні, основою функціонування якої є інформація, моделі створюються для отримання інформації про властивості і поведінку реальних систем в певних умовах. З урахуванням цього модель можна визначити як систему, дослідження якої служить засобом для отримання інформації про іншу систему - оригінал. Існують різні класифікації моделей.

Види моделей. Розрізняють два види моделей : фізичні і символічні (абстрактні).

Фізична модель є деякою матеріальною системою, яка відрізняється від модельованого об'єкту розмірами, матеріалами. Фізична модель може бути масштабною (наприклад, макет будівлі, будівельної конструкції) або аналоговою, побудованою на підставі того або іншого фізичного процесу, що протікає в модельованому явищі (наприклад, динамічна модель гідроелектростанції).

Символічні (абстрактні) моделі створюються за допомогою мовних, графічних, математичних засобів опису і абстрагування.

Математичні моделі знайшли найбільше використання в управлінні завдяки їх властивості - можливості використання в різних, на перший погляд абсолютно несхожих, ситуаціях.

Прийняті і використовуються наступні угруповання математичних моделей залежно від характеру математичних залежностей :

а) лінійні, коли усі залежності пов'язані лінійними співвідношеннями, і нелінійні за наявності хоч би частково нелінійних співвідношень;

б) детерміновані, в яких враховуються тільки усереднені значення параметрів, і імовірнісні (чи, що однозначно, статистичні, стохастичні), передбачаючи випадковий характер тих або інших параметрів і процесів;

в) статичні, фіксуючи тільки один період часу, і динамічні, в яких розглядаються і розраховуються параметри по різних періодах, етапах;

г) оптимізаційні, в яких вибір елементів і самого процесу здійснюється з урахуванням екстремізації цільової функції, і не оптимізаційні із заздалегідь цим обсягом випуску, виробництва;

д) з високим рівнем деталізації, коли модель відображає багато фактори процесу або включає велике число елементарних складових, і агреговані укрупнені моделі, де об'єднуються багато параметрів, близьких за призначенням.

Очевидно, що в кожній моделі можливі різні поєднання цих ознак з певним пріоритетом одного з них.

Вибір моделі здійснюється виходячи з характеру процесу, діяльності, його цільової спрямованості, необхідної інформації і вимог до точності отримуваних рішень. Формулювання моделі вимагає головним чином глибокого розуміння фізичної істоти модельованого явища, процесу і характеру.

До моделей пред'являються дві взаємно суперечливі вимоги - адекватності (відповідності), з одного боку, і простоти - з іншою. У зв'язку з цим в модель включають тільки найбільш суттєві для дослідження, що проводиться, властивості.

2.2 Моделі в управлінні і організації будівельного виробництва

До теперішнього часу основною моделлю керованих систем служать прості графічні методи у вигляді графіків Ганта - календарні лінійні графіки, на яких в масштабах часу показують послідовність і терміни виконання робіт. Вживані рідше циклограми відбивають хід робіт у вигляді похилих ліній в системі координат і являються, по суті, різновидом лінійного графіку.

Як відзначалося вище, до моделей пред'являються взаємно суперечливі вимоги - простоти і адекватності [5,14,18,27].

Лінійний графік простий у виконанні і наочно показує хід роботи. Проте тут динамічна система будівництва представлена статичною схемою, яка у кращому разі може тільки відобразити положення на об'єкті, що склалося в якийсь певний момент. Лінійний графік не може відобразити складність модельованого в нім процесу, модель не адекватна оригіналу, форма моделі вступає в протиріччя з її змістом. Звідси основні недоліки лінійних графіків [11,31]:

1) відсутність наочно позначених взаємозв'язків між окремими операціями (роботами); залежність робіт, покладена в основу графіка, виявляється укладачем тільки один раз в процесі роботи над графіком (моделлю) і фіксується як незмінна; в результаті такого підходу закладені в

графіці технологічні і організаційні рішення приймаються зазвичай як постійні і втрачають своє практичне значення незабаром після початку їх реалізації;

2) негнучкість, жорсткість структури лінійного графіку, складність його корегування при зміні умов; необхідність багатократного перескладання, яке, як правило, через відсутність часу не може бути виконане;

3) складність варіантного опрацювання і обмежена можливість прогнозування ходу робіт;

4) складність застосування сучасних математичних методів і ЕОМ для механізації розрахунків параметрів графіків.

Усі перераховані недоліки знижують ефективність процесу управління при використанні лінійних графіків.

Сітьова модель вільна від цих недоліків і дозволяє формалізувати розрахунки для передачі на ЕОМ. У основі мережевого планування лежить теорія графів - розділ сучасної математики, що сформувався в якості самостійного в післявоєнний період.

Графом називають [11,27,31] геометричну фігуру, що складається з кінцевої або нескінченної безлічі точок і ліній (рис. 2.1), що сполучають ці точки. У графі розрізняють точки, що називаються вершинами графа, і лінії, що сполучають їх. Ці лінії носять назву ребер, якщо вони не орієнтовані (рис. 2.1а), і дуг, коли лінії мають напрям (рис. 2.1б). У сітьовій моделі застосовують орієнтовані графи, т. е. фігури, що складаються з вершин і дуг

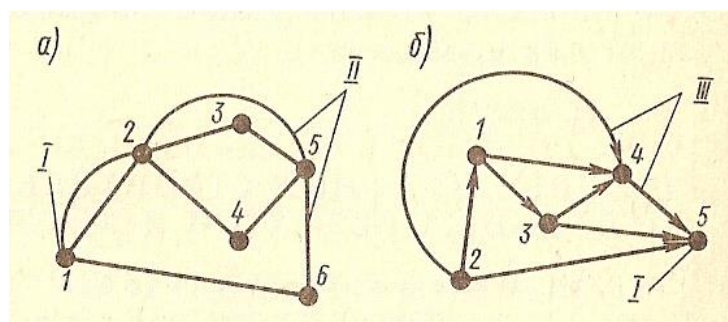


Рисунок 2.1 – Геометрична інтерпретація графа.

а) - неорієнтований; б) - орієнтований; I - вершина; II - ребро; III - дуги.

Прикладами застосування графів можуть служити різні карти, схеми, діаграми. Вершинами в цих випадках є населені пункти (у географічних картах), джерела електропостачання і споживачі (у електричних схемах), об'єми ресурсів, кількість робочої сили (у графіках-діаграмах).

У будівництві при побудові сітьових графіків прийнятий спосіб зображення, при якому як в орієнтованому графові дугами позначаються роботи, а вершинами - результати виконання цих робіт. Результати робіт називають подіями.

Перша спроба використати сітьову модель для цілей планування ходу робіт і контролю відноситься до 1956 р., коли великими компаніями США в тому числі компанією «Дюпон» був розроблений метод під назвою «Метод критичного шляху» (МКШ). Основою послужили дослідження М. Уокера і Д. Келлі питання про можливість застосування математичних методів для кращого вирішення типових завдань календарного планування.

У 1958 р. управління спеціальних проектів ПМС США розробило систему ПЕРТ - «Методика огляду і оцінки програм». У основу системи покладена сітьова модель з оцінками тривалості робіт. Система ПЕРТ була застосована для управління розробкою ракетного комплексу «Polaris». У роботі над комплексом брало участь більше 3000 КБ, заводів, постачальників і інших організацій, розташованих по усій території США. Вказувалося, що завдяки застосуванню системи ПЕРТ первинні терміни введення комплексу вдалося скоротити на два роки.

Незабаром системи ПЕРТ і МКШ були застосовані для управління найважливішими розробками в області військової техніки, а потім цей метод стали використовувати усі великі будівельні фірми США. З 1963 р. система стала широко застосовуватися і інших країнах.

У Радянському Союзі початок робіт по вивченню і розробці системи СПУ, дещо відмінної від МКШ і ПЕРТ, відноситься до 1962 р. Перші дослідження по впровадженню СПУ були розпочаті в 1964 р. Незабаром сітьові графіки

були успішно застосовані при будівництві ряду об'єктів енергетичного, хімічного, а потім житлового будівництва. [11]

Сітьові графіки були покладені в основу системи сітьового планування і управління виробництвом (СПУ) як при традиційних методах управління, так і в якості математичної основи планування в автоматизованих системах.

Нині методи сітьового планування і управління (СПУ) широко використовуються в плануванні і управлінні будівельного виробництва.

2.3 Сітьові графіки будівництва окремих об'єктів та комплексів

2.3.1 Основні елементи сітьового графіка

В якості моделі, що відбиває технологічні і організаційні взаємозв'язки процесу виробництва будівельних робіт в системах СПУ, використовується сітьова модель [14,27,31,33]

Сітьова модель зображується у вигляді графіка, що складається зі стрілок і гуртків.

Сітьовий графік являє собою сіть модель з розрахованими тимчасовими параметрами. В основі побудови сіті лежать поняття «робота» і «подія».

Робота в сітьових графіках може мати такі значення:

1. дійсна робота – трудовий процес, який вимагає для свого виконання витрати часу і ресурсів. На сітьових графіках позначається суцільною лінією:

2. очікування – це процес, який вимагає для свого виконання тільки втрат часу; на сітьових графіках позначається суцільною лінією:

3. фіктивна робота не вимагає ні часу, ні ресурсів. Вона лише вказує що початок однієї роботи залежить від закінчення іншої. На сітьовому графіку зображується штриховою лінією:

В усіх випадках робота – це процес, який має місце у часі. Кожна робота в сітьових графіках розташована між двома подіями, які мають свій номер.

Мінімальною інформацією для роботи є: назва і тривалість роботи є назва і тривалість. В якості додаткової інформації може бути кількість робітників, тривалість виконання в змінах, кошторисна вартість, трудомісткість.

Роботи, які починаються з вихідної події сітьового графіка, називають вихідними роботами, а ті, які закінчуються кінцевими подіями – кінцевими роботами.

Подія в сітьових графіках на відміну від роботи не є процесом і не має тривалості. Здійснення подій означає щ відкрито фронт робіт для безпосередньо наступних робіт. Подія означає:

1. сукупність умов необхідних для початку однієї або декількох робіт;
2. подія показує факт початку однієї або декількох робіт:- в цьому випадку подія і є початковою для робіт А і Б, а ці роботи називаються безпосередньо наступними;
3. подія показує факт завершення однієї або декількох робіт: - в цьому випадку подія j є кінцевою для робіт В і Г, а роботи по відношенню до неї називаються безпосередньо попередніми.

Існують три види подій:

1. початкова - вона відповідає початку всіх робіт, до неї не входить ні одна робота.
2. завершальна – вона відображає досягнення кінцевої мети. Із цієї подію не виходить ні одна робота.
3. проміжні події – вони відображають результат однієї або декількох робіт і можливий початок наступної.

Подію на сітьовому графіку зображають будь-якими геометричними фігурами (коло, квадрат, трикутник, прямокутник тощо).

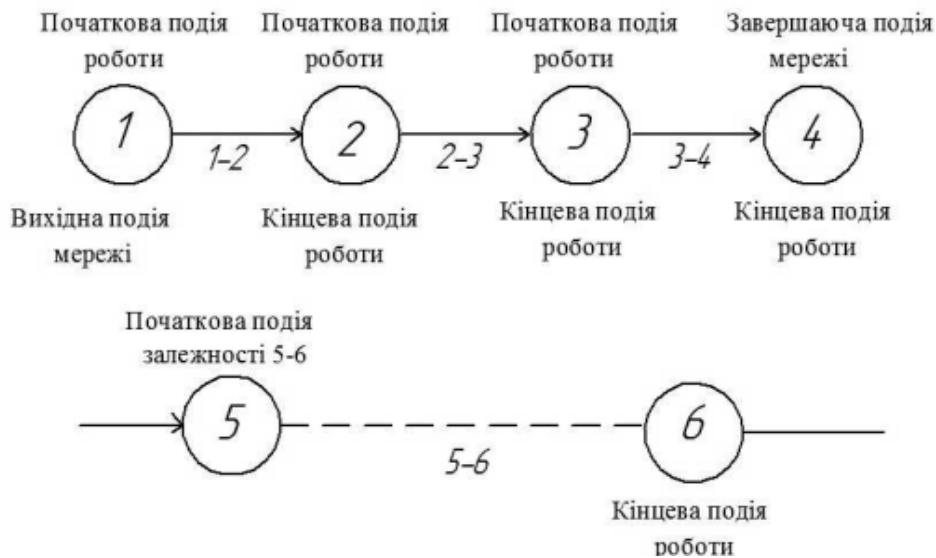


Рисунок 2.2 - Зображення подій, робіт та залежностей

Шлях - безперервна послідовність робіт на сітьовому графіку. Його довжину визначають сумою тривалості складових його робіт. У сітьовому графіку між висхідними і подіями які завершаються є декілька шляхів. Шлях від початкового до завершальної події сітьового графіку називають повним шляхом. Шлях може бути також передуючим - це ділянка повного шляху від висхідної події графіку до даної, а також подальшим - від цієї події до будь-якої подальшої. Шлях описується послідовністю робіт або подій.

Критичним шляхом називають повний шлях, що має найбільшу довжину (тривалість) з усіх повних шляхів. Його довжина визначає термін виконання робіт по сітьовому графіку. У графіці може бути декілька критичних шляхів. Роботи, що лежать на критичному шляху, називають критичними. Збільшення тривалості критичних робіт відповідно збільшує загальну тривалість робіт по сітьовому графіку, а скорочення призводить до деякого зменшення.

Шляхи, тривалість яких дещо менше тривалості критичного шляху на задану величину, називають підкритичними. Сукупність усіх критичних і підкритичних робіт називають критичною зоною. Роботи, що лежать на цих шляхах, вимагають до себе уваги, так само як і роботи критичного шляху.

Критичний шлях зазвичай виділяється потовщеною лінією або іншим способом [11, 14,27].

2.3.2 Правила побудови сітьового графіка

При побудові сітьових графіків рекомендують дотримуватись визначених правил, дотримання яких дасть змогу відобразити відношення між роботами.

Розглянемо різновид сітьових графіків "робота - лінія" як найбільш розповсюджений і широко застосовуваний [12, 19, 23,34].

1. Сітьовий графік можна починати будувати з будь-якої точки - з початку, з кінця - якщо чітко і доступно представлено технологію виконання комплексу робіт.

У графіку має бути чітко відображена технологічна послідовність виконання робіт комплексу, при цьому треба прагнути до такого розміщення стрілок і кіл на папері, при якому кількість перетинів буде якнайменшою, а розміщення стрілок буде зліва направо, що забезпечить наочність графіка та полегшить його побудову.

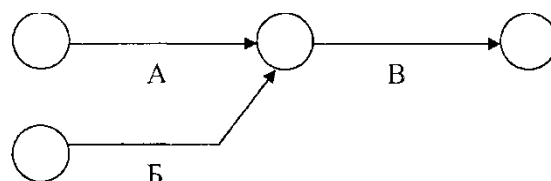
2. Послідовно мають зображувати тільки ті роботи, початок і завершення яких залежить одне від одного. Між двома подіями може бути тільки одна робота. Для зображення паралельної роботи може вводиться додаткова подія і фіктивна робота.

Наприклад:

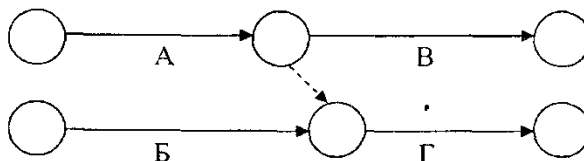
2.1. Початок роботи Б залежить тільки від завершення роботи А.



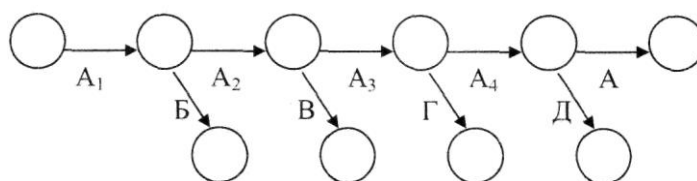
2.2. Початок роботи В залежить від завершення робіт А і Б.



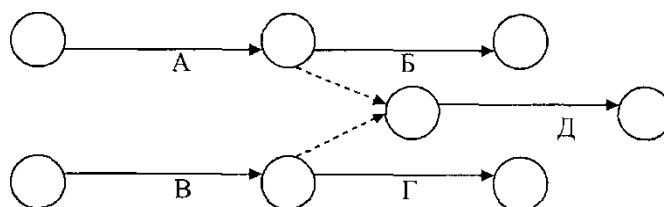
2.3. Початок роботи В залежить від завершення роботи А, а початок роботи Г залежить від завершення А і Б.



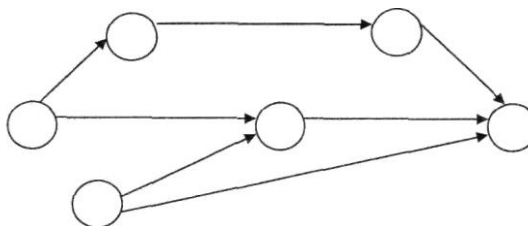
3. Якщо роботи Б, В, Г, Д здійснюють відповідно після часткового виконання роботи А, то роботу А варто розділити на складові А₁, А₂, А₃, А₄ тощо, після яких виконуються відповідні роботи Б, В, Г, Д. При цьому кожна частина роботи А вважається самостійною.



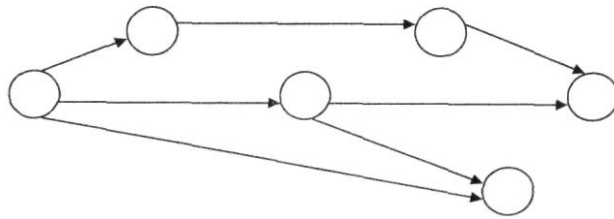
4. Якщо для здійснення роботи Б потрібно виконати роботу А, для здійснення роботи Г - роботу В, а для здійснення роботи Д потрібно виконати роботи А і В, то необхідно ввести додаткову подію і дві фіктивні роботи.



5. У сітьових графіках не має бути тупиків, тобто подій, що не є вихідними і до яких не входить жодна робота (тупики першого роду), і подій, що не є завершальними і з яких не виходить жодна робота (тупики другого роду). Так, тупик першого роду:

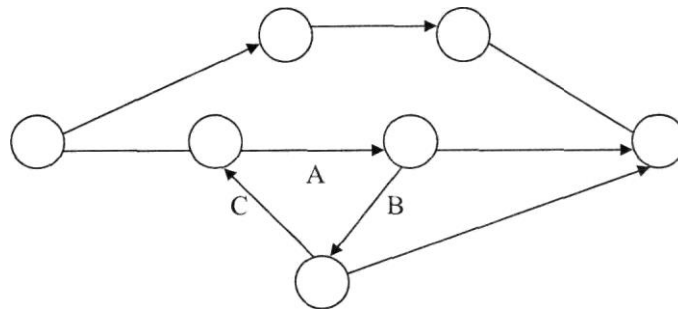


Тупик другого роду:



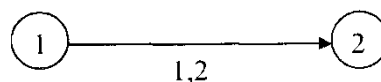
У разі появи тупиків, треба проаналізувати необхідність виконання робіт, що виходять із тупикових подій (тупики першого роду) або входять до них (тупики другого роду) і за необхідності з'єднати тупикові події фіктивною роботою з іншими подіями.

6. У сітьовому графіку не повинно бути "замкнутих контурів" або циклів, тобто шляхів, які з'єднують будь-яку подію з нею самою ж. Наприклад, шлях А,В,С. Наявність циклів указує на випадкову або логічну помилку, яка була допущена при побудові сітьового графіка. При її виявленні треба зробити перевірку сітьового графіка і внести виправлення.



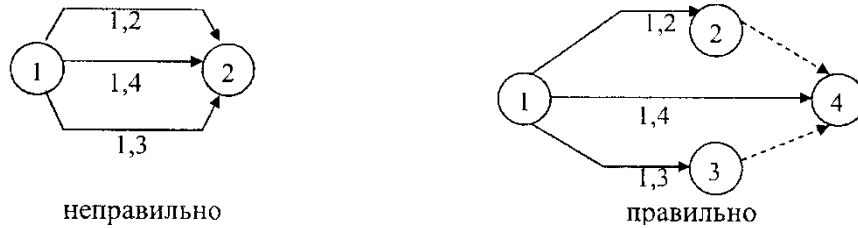
7. Усі події сітьового графіка мають бути пронумеровані. Необхідність нумерації подій зумовлена, по-перше, зручністю читання графіка та обміну інформацією, а по-друге, використанням обчислювальної техніки для обробки графіка. Нумерація подій має бути однозначною, тобто номери подій не можуть повторюватись. За наявності двох або більше подій з однаковими номерами треба усім цим подіям, окрім однієї, присвоїти номери з чисел натурального ряду, які ще не охоплені іншими подіями.

Номери подій дають змогу утворювати шифри робіт сітьового графіка. Роботи шифрують номерами початкової і кінцевої подій, між якими їх проводять. Наприклад, робота (1,2):

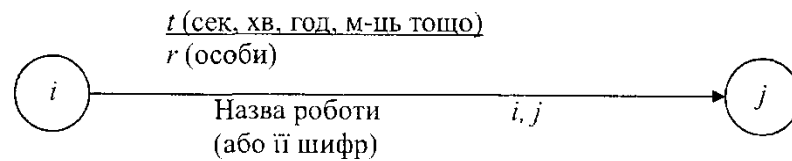


де 1 - початкова подія даної роботи, 2 - кінцева подія цієї роботи.

Шифри робіт не можуть повторюватись, тому якщо між двома подіями мають бути виконані дві або більше робіт, то, щоб запобігти повторенню шифрів робіт та зберегти об'єктивні залежності між роботами і подіями, треба ввести у графік додаткові події й фіктивні роботи, як це показано на рисунку:



8. Зміст роботи (її назву або шифр) слід писати під стрілкою, а вихідні параметри (тривалість, потреба в ресурсах) - надписувати над стрілкою у вигляді дробу t/r , де t - тривалість, r - потреба в ресурсах:



9. Правило укрупнення або деталізації робіт. Сітьова модель має бути детальною, тому що детальні операції дають змогу найповніше відобразити технологію виконання комплексу робіт і взаємозв'язок між роботами. Але для вищих ступенів управління така деталізація не потрібна. Тому детальні графіки можна укрупнювати.

Якщо всередині сітьового графіка є фрагмент, що не залежить від інших паралельно виконуваних робіт, то він може бути замінений однією роботою (роботою i, j).

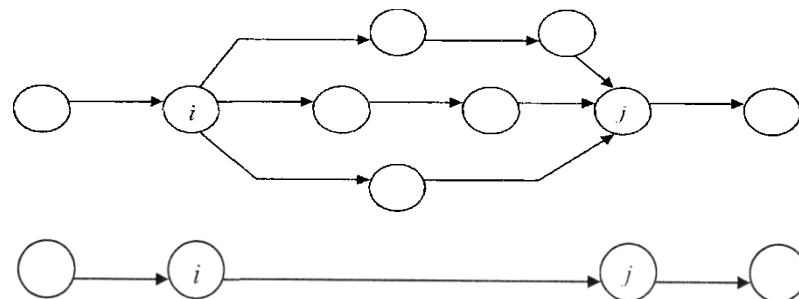


Рисунок 2.3 – Приклади сітьових моделей

2.3.3 Розрахунок тимчасових параметрів сітьових графіків

Розрахунок сітьового графіку полягає у визначенні тимчасових параметрів графіку, тобто ранніх і пізніх термінів початку і закінчення робіт, резервів часу некритичних робіт, а так само тривалість реалізації усього комплексу робіт. Розрахунок може виконуватися по роботах або по подіях.

При розрахунках приймаються наступні позначення (рис. 2.4)[14,30]:

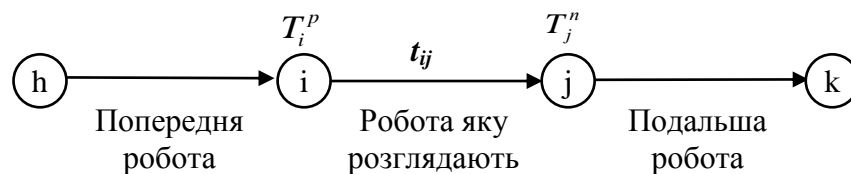


Рисунок 2.4 - Загальна схема кодування

i, j - відповідно код початкового і код кінцевої події роботи;

$i - j$ - код даної роботи;

$h - i$ - код робіт, передуючих роботі ($i - j$);

$j - k$ - код робіт, подальших за кінцевою подією роботи ($i - j$);

t_{ij} - тривалість роботи ($i - j$);

L - шлях;

N_{ij} - кількість виконавців, зайнятих при виконанні роботи ($i - j$);

t_{ijpn}, t_{ijpo} - відповідно ранній термін початку і закінчення роботи ($i - j$);

$T_i^p; T_i^n$ - ранній і пізній термін звершення події i відповідно;

T_j^n - пізній термін звершення події j ;

R_{ij}, r_{ij} - відповідно загальний (повний) і приватний (вільний) резерви часу роботи ($i - j$);

$T_{кр}$ - тривалість критичного шляху (найбільша тривалість).

Будь-яка безперервна послідовність робіт в мережевому графіку, в якій подія яка завершується попередньої роботи співпадає з початковою подією подальшої роботи, називається шляхом.

Шлях позначається як послідовність подій, через які він проходить. Довжина будь-якого шляху визначається сумарною тривалістю виконання робіт, що лежать на ній. Тривалість робіт умовно показується над роботами і задається в днях.

Повний шлях найбільшої тривалості з усіх можливих повних шляхів називається критичним шляхом $T_{кр}$, а роботи, що лежать на цьому шляху, - критичними роботами.

Розрахунок ранніх термінів виконання робіт слід вести послідовно від висхідної події до того, що завершує.

Ранній термін початку роботи t_{ij}^{PH} - мінімальний з можливих моментів початку цієї роботи при заданій тривалості робіт і початковому моменті. Він дорівнює найбільшому з ранніх термінів закінчення безпосередньо попередніх робіт або ранньому терміну настання початкової події цієї роботи:

$$t_{i-j}^{PH} = \max t_{h-i}^{PO} = T_i^P \quad (2.1)$$

Для початкових робіт ранній початок приймається $t_{ij}^{PH} = T_i^P = 0$, або $t_{ij}^{PH} = T_0$.

Ранній термін закінчення роботи t_{ij}^{PO} - мінімальний з можливих моментів закінчення цієї роботи при заданій тривалості робіт і початковому моменті:

$$t_{i-j}^{PO} = t_{i-j}^{PH} + t_{i-j} \quad (2.2)$$

Для початкових робіт ранній термін закінчення робіт складає суму заданого моменту початку виконання робіт і тривалості робіт, а за відсутності заданого моменту - тривалості цих робіт.

$$t_{1-j}^{PO} = T_0 + t_{ij}, \text{ або } t_{1j}^{PO} = t_{ij} \quad (2.3)$$

Тривалість критичного шляху сітьової моделі визначається по найбільшому значенню з ранніх термінів закінчення завершальних робіт або ранньому настанню події яка завершаться сітьового графіку:

$$T_{кр} = \max t_{in}^{PO} = T_n^P \quad (2.4)$$

де n - номер кінцевої події графіку.

Ранній термін настання висхідної події дорівнює величині заданого початкового моменту часу $T_i^P = T_0$, або якщо він не заданий - нулю. $T_i^P = 0$

Пізній термін закінчення будь-якої роботи t_{ij}^{PO} - максимальний з допустимих моментів закінчення цієї роботи, при якому ще можливе виконання усіх наступних робіт з дотриманням заданого терміну завершальної події. Він розраховується як:

$$t_{ij}^{PO} = \min t_{j-k}^{PH} = T_j^{PH} \quad (2.5)$$

$$t_{ij}^{PO} = \min(t_{j-k}^{PO} - t_{jk}), \quad (2.6)$$

тобто пізнє закінчення будь-якої мережевої роботи дорівнює мінімальному значенню з різниць пізніх закінчень подальших робіт і їх тривалості.

Пізнє закінчення робіт які завершуються визначається по формулі:

$$T_n^{(o)} = t_{in}^{PO} = T_{kp} \quad (2.7)$$

Пізніше початок роботи розраховується по формулі:

$$t_{in}^{PH} = T_{kp} - t_{in} \quad (2.8)$$

Для робіт які завершуються пізніше початок роботи дорівнює різниці між тривалістю критичного шляху і тривалістю цієї роботи:

$$t_{in}^{PH} = T_{kp} - t_{in} \quad (2.9)$$

Загальний (чи повний) резерв часу - максимальна кількість часу, на який можна перенести початок роботи або збільшити її тривалість без зміни терміну будівництва.

Загальний резерв часу даної роботи визначається по формулі:

$$R_{i-j} = t_{ij}^{PH} - t_{ij}^{PH} = t_{ij}^{PO} - t_{ij}^{PO} \quad (2.10)$$

$$R_{ij} = T_j^{(PH)} - T_i^{(O)} - t_{ij} \quad (2.11)$$

де $T_i^{(O)}$ - ранній термін звершення події і;

$T_j^{(PH)}$ - пізній термін звершення події j.

Приватний (чи вільний) резерв часу - максимальна тривалість, на яку можна перенести початок роботи або збільшити її тривалість без зміни ранніх термінів початку подальших робіт.

Приватний резерв часу даної роботи визначається як різницю між раннім терміном початку подальших робіт і раннім терміном закінчення цієї роботи:

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{PH} - t_{i-j}^{PO} \quad (2.12)$$

Коли визначені терміни настання подій, приватний резерв визначається формулі:

$$r_{ij} = T_j^{(o)} - T_i^{(o)} - t_{ij}. \quad (2.13)$$

де $T_j^{(o)}$ - пізній термін звершення події j .

Резерви часу робіт і подій, що становлять критичний шлях (якщо не заданий кінцевий термін будівництва $T_{кр}$ дорівнюють нулю. Для некритичних робіт вільні резерви часу за своєю величиною не перевищують їх повних резервів. [30].

3 МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ

3.1 Аналіз основних напрямів оптимізації моделей будівництва об'єктів

Використання економіко-математичних методів та залучення обчислювальної техніки дозволили розширити дослідження в галузі оптимізації моделей виконання робіт. Поряд з оригінальними рішеннями та класичними прийомами аналізу використовуються такі ефективні математичні засоби, як розділи теорії дослідження операцій, наприклад лінійне програмування, теорія ігор, теорія масового обслуговування [26,32-34,37,40,41].

Розвитку набули також самостійні розділи теорії розкладів, управління запасами, сітьовий аналіз тощо.

Оптимізація моделей виконання робіт не належить до числа проблем, які вирішуються за допомогою кількох вдалих прийомів, а потребує тривалих систематичних зусиль та значної експериментальної роботи [9; 10; 17].

Значні дослідження як за обсягом, так і за глибиною проведені в напрямі знаходження оптимальних розв'язків з допомогою апарату лінійного програмування, оскільки він дав змогу ввести додаткові обмеження та урізноманітнити умови задач.

Значний інтерес становлять моделі, засновані на різних розділах теорії дослідження операцій, згідно з якою будь-яка виробнича система досягає мети виконання певних дій, які називаються операціями [3;10].

Лінійне програмування з точки зору рівня теоретичних розробок, сфери прикладання та реалізації обчислювальних методів - один з найрозвиненіших напрямів в галузі розв'язання оптимізаційних задач. Із теоретичних положень лінійного програмування випливає, що розв'язання однієї з пари двоїстих

задач автоматично приводить до розв'язання другої задачі. Використовуючи це положення та розв'язуючи двоїсту задачу замість прямої (вихідної), можна досягти значної економії машинного часу.

Особливість досліджень операцій для всіх розділів відповідної теорії - системний підхід до розв'язання задач.

Перші наукові дослідження принципів використання в аналізі складних систем орієнтовного ациклічного графа викладені в [16,20,30-34]. За останні десятиліття ідеї сітьового моделювання набули значного поширення і стали предметом наукових досліджень.

Нагромаджено значний досвід побудови таких моделей, збирання та обробки інформації в системах управління, вироблення оптимальних планових рішень в складних проектах. Моделі, які базуються на апараті теорії графів, дозволяють враховувати та виявляти різні обмеження, що накладаються на строки реалізації комплексів робіт і порядок їх виконання, незалежно від того, якими реальними факторами ці обмеження обумовлені. Цим пояснюється успішне застосування сітьових моделей та їх повсюдне поширення. Тому сітьовий аналіз є достатньо універсальним інструментом моделювання виробництва, а окрема оптимізаційна задача відповідає не одній, а багатьом галузям застосування, тобто багатьом виробничим ситуаціям.

Тепер достатньо розроблені питання, пов'язані з чіткою постановкою та пошуком загальних методів розв'язання проблем оптимального використання обмежених трудових ресурсів на основі організаційно-технологічних моделей, які відбивають часові характеристики робіт (операцій) і зв'язків між ними. Поняття «ресурс» згідно з [30-34] - дуже широке та різноманітне. Доцільно розрізнити два основних види ресурсів: перший – грошові кошти, сировина, будівельні матеріали, деталі; другий - робітники, будівельні машини та механізми.

Під час виконання робіт участь беруть обидва види ресурсів, між ними відбувається взаємодія. Природними були б постановки задач на основі

сітьових моделей, де одночасно враховувалися б ресурси і першого і другого виду. Однак у реалізації проектів головну роль відіграють два фактори: час завершення комплексів робіт і наявні ресурси. Скорочення часу зведення (реалізації) тягне за собою підсилення інтенсивності споживання трудових ресурсів, а зниження рівня наявних ресурсів приводить до збільшення строків виконання робіт.

У конкретній ситуації один з цих факторів може бути заданий жорстко, а у загальному випадку бажано знайти оптимальне співвідношення між ними, яке відповідає мінімуму загальної вартості зведення.

У загальному вигляді з урахуванням змінних часу реалізації і ресурсів різних типів задача розробка моделі та оптимізації не набрала чіткої постановки і не має достатньо коректного розв'язання. Різноманітність постановок задач, пов'язаних з ресурсами, можна звести у дві основні групи

До першої належить задача мінімізації прямих затрат на виконання робіт. Вони класифікуються за різними ознаками та характером залежності функції вартості робіт від їх тривалості. Така задача була поставлена та розв'язана при деяких опрощеннях Дж. Келлі [30-34]. Практичне розв'язання задач такого типу значно утруднене відсутністю науково обґрунтованих оцінок залежності прямих витрат на виконання робіт від їх тривалості.

З огляду на це великого значення набувають задачі оптимізації моделей, заданих сітьовим графіком за різними критеріями, безпосередньо пов'язаними з ресурсами другого роду без їх вираження через вартісні показники.

До найвідоміших постановок задач другої групи належать задачі мінімізації строку будівництва при обмежених ресурсах; оптимального використання трудових ресурсів при заданих строках будівництва; задачі, в яких пошук оптимальних розв'язків визначається в змішаній постановці.

Задачі розподілу ресурсів на моделях і їх оптимізація належать до комбінаторних задач повного упорядкування різних дискретних процесів в часі. При цьому виникають труднощі навіть при інтенсивному використанні

обчислювальної техніки. В загальному випадку змінними величинами задач є початок і кінець робіт, інтенсивність споживання кожного з основних видів ресурсів у розглядуваний відрізок часу. Елементарний випадок, коли змінними величинами залишаються тільки строки початку робіт і розглядуваним задачам не вдається надати задовільного математичного формулювання [17]. Тому поширення набули евристичні методи розв'язання задач. Застосовуючи такі методи з використанням обчислювальної техніки, можна знаходити практично задовільні (в загальному випадку близькі до оптимальних) розв'язки.

Є багато алгоритмів, які реалізують евристичний підхід до наближеного розв'язання задач цього типу. Ідея, що лежить в їх основі, має загальний характер для всіх алгоритмів - враховується потреба в одному, найбільш важливому виді ресурсу.

Різноманітність постановок таких задач зумовлена різницею в характері обмежень, які накладаються на використання ресурсів. Критерій якості розв'язання для одного цільового комплексу - строк його виконання, і оптимальним буде той розв'язок, якому відповідає мінімальна тривалість, погоджена з параметрами моделі та ресурсними обмеженнями.

У випадку багатоцільової моделі цільова функція мінімізує загальний строк виконання проекту, якщо він є основною метою, а окремі під цілі розглядаються як проміжні. Якщо треба додержувати заданих строків і ні одному з них не можна надати перевагу, то мінімізується відхилення від заданого строку. Якщо цілі є нерівноправними і їх можна упорядкувати за значущістю, то застосовується принцип послідовної оптимізації.

Значний досвід з розробки та оптимізації розв'язків є за кордоном. Це евристичний метод розподілу ресурсів в часі ERALL (Угорщина), PMS (Німеччина) та інші методи, розглянуті в [17]. В США успішно досліджені системи PERT, CPM, RAMPS та ін. [9; 19].

Аналіз проведених досліджень показує, що проблема раціонального розподілу обмежених трудових ресурсів у багатосітьових задачах належить

до числа складних і важливих в організації інженерної підготовки будівельного виробництва. Це є першочерговою виробничою задачею та основною за складністю.

Розподіл трудових ресурсів в одноцільових задачах значно простіший, оскільки взаємозв'язок робіт на різних об'єктах має елементарний характер. Якщо мова йде про багатоцільовий комплекс, то складання розкладу робіт є важкою задачею. Це пояснюється не тільки різноманітністю зв'язків між виконанням робіт різними спеціалістами, а й тією обставиною, що, крім загальної обмеженості на трудові ресурси, необхідно врахувати внутрішнє обмеження на види окремих ресурсів. При цьому модель не повинна допускати порушення строків будівництва, а трудові ресурси повинні використовуватися рівномірно та в повному обсязі з огляду на допустиму напруженість і обґрунтовану надійність. За допомогою застосовуваних алгоритмів раціонального розподілу трудових ресурсів розв'язують задачі з пріоритету робіт залежно від їх загальних резервів часу, враховуючи строки задачі об'єктів. При цьому розглядаються елементарні проміжки часу.

Однак вимога вироблення рішень із заданим рівнем організаційно-технологічної надійності /ОТН/ спричинює необхідність шукати методи розв'язання задач, виходячи з кінцевої, а не з локальних цілей діяльності. Мається на увазі та обставина, що прийняття рішень в певний проміжок часу потребує розподілу ресурсів з урахуванням умов, що склалися на даному етапі, а також кінцевої мети діяльності.

Такий підхід вимагає багаторазового розрахунку моделі, а отже, і більшої оперативної пам'яті ЕОТ, але результати при цьому будуть більш якісними.

З огляду на актуальність проблеми, обумовленої наявністю численних розробок, розв'язання задачі про «розклад» робіт, що виконуються низовими будівельно-монтажними організаціями, не можна вважати цілком закінченим. Це стосується як методів побудови структури вихідної моделі, так і вибору на її основі оптимального рішення.

Таким чином, дослідження умов розробки та оптимізації моделей охоплює комплекс задач, пов'язаних з визначенням зони вибору раціональних рішень і оптимального варіанта вибраного критерію оптимальності.

Сучасний рівень розвитку будівельного виробництва вимагає докорінних змін методів управління та широкого впровадження комплексної автоматизації процесів вироблення та прийняття оптимальних рішень. Але труднощі тут очевидні, оскільки будівельна організація являє собою систему, яка складається із значної кількості взаємопов'язаних елементів, що функціонують як єдине ціле, де ресурси трансформуються в продукцію, - будівлі і споруди.

Багато будівельних організацій як локальні об'єкти управління функціонують неефективно, що пояснюється нераціональним використанням виробничих потужностей, нерівномірним використанням трудових ресурсів і відставанням в розвитку бази. Це є значним недоліком в плануванні та управлінні будівництвом. З одного боку, відсутні науково обґрунтовані перспективні плани будівельно-монтажних робіт, з другого - слабо ув'язані поточні та оперативні плани з фінансовими, матеріально-технічними та трудовими ресурсами, а також спостерігається недостатня гнучкість управління - великий обсяг обчислювальної роботи не дозволяє традиційними методами регулярно переглядати рішення та перерозподіляти ресурси в умовах ситуації, що змінюється.

Наявний досвід вироблення рішень з використанням програмного забезпечення показує, що без сучасних економіко-математичних методів і засобів обчислювальної техніки не вдається оптимально координувати діяльність всіх учасників будівництва.

Для позитивної зміни ситуації в складі системи виділяються підсистеми, пов'язані між собою однорідною за складом та структурою інформацією (первинною, нормативною, звітною тощо).

Кожна підсистема повинна розв'язувати окремі задачі, які за своєю

природою поділяються на два великих класи: розрахункові та оптимальні.

Визначення оптимального розв'язку пов'язане з тим, що задача повинна мати багатоваріантну природу. Вибір можна зробити, використовуючи спеціальні методи.

3.2 Обґрунтування критеріїв оптимальності та організаційно-технологічних обмежень

Математичне формулювання оптимальної задачі завжди припускає наявність точно визначеної цільової функції. Насправді звичайно не відомо, що саме є конкретною метою, тобто при теперішньому рівні економічної науки критерії оптимальності визначені далеко не однозначно.

Одночасно досягти оптимальності всіх цих критеріїв, як правило, неможливо. Можливий лише деякий компроміс між ними.

Трансформація економічних відносин у будівництві стала фундаментальною зміною критеріїв оптимальності в будівельному виробництві. Нові орієнтири приводять до зміни структури та показників діяльності будівельних організацій.

При розробці системи критеріїв їх ієрархія не може бути однорідною. Треба прагнути звести до мінімуму суперечності критеріїв оптимальності на різних рівнях структури та всередині кожного з них.

Поняття оптимізації має сенс лише для однокритеріальних задач, тому будь-яка складна система повинна мати в розпорядженні не одну, а набір різних виробничих задач, пов'язаних із використанням різних критеріїв для їх розв'язання [29-34].

Критерії оптимальності не визначають ступеня досягнення мети, а характеризують, в якому стані перебуває система та якою мірою вона виконує задачу, наближаючись до поставленої мети. До критеріїв ставляться певні вимоги: синтетичність – здатність відображати результати дії багатьох факторів; можливість чисельної формалізації, відповідність їх меті діяльності

системи, тобто вимірювання справжньої їх ефективності; похідність від критерію системи вищого порядку та можливість утворення похідних критеріїв для підсистем, які входять до складу системи; точне визначення їх значень без відчутних витрат коштів та часу.

Таким чином, до вибору критеріїв оптимальності потрібен системний, комплексний підхід. Об'єктивними критеріями є такі специфічні показники, які відображують суть виробництва: розподіл за часом ресурсів і затрат, тривалість виконання робіт, їх ритмічність і динамічність. Оскільки ці параметри мають змінні значення, то кожний з них може бути критерієм оптимальності при фіксованому значенні інших. Через те що процес оптимізації відбувається від деякого вихідного варіанта, критерієм оптимальності може бути не параметр, не абсолютне його збільшення або зменшення, а зміна відносно вихідного варіанта.

Звичайно діяльність спрямована на пошук розв'язків, при яких досягається найвища продуктивність праці, або мінімальна собівартість, максимальний прибуток або мінімальні затрати праці, максимальний обсяг виконаних робіт або мінімальні фонди тощо. Таким чином, діяльність системи спрямовується на отримання максимального результату або мінімізацію витрат.

Більшість задач організації, планування та управління будівельного виробництва є екстремальними. Екстремальний розв'язок є оптимальним, і поняття оптимуму відповідає такому значенню змінних величин задачі, при якому досягається екстремум, тобто максимальне або мінімальне значення цільової функції.

Будь-яка екстремальна задача розв'язується при відповідних обмеженнях. Якщо немає обмежень ні в ресурсах, ні в часі, ні в організаційно-технологічних варіантах виробництва, ні в будь-чому іншому, то немає і задачі, немає і багатоваріантного поєднання дій факторів.

Якщо дії обмежені деякими обставинами, які мають кількісний вираз, то в цьому випадку задача є екстремальною. Необхідно підкреслити, що

будь-яка екстремальна задача розв'язується за єдиним критерієм оптимальності, а все інше, що треба враховувати, задається як обмеження. Не можна одночасно вимагати мінімуму часу на виконання заданого обсягу робіт і мінімального залучення трудових ресурсів. Це можливо за умови, що ресурси для будівництва об'єкта в заданий час обмежені або мінімальні.

Це питання треба з'ясувати, оскільки воно є основним для правильної постановки екстремальної задачі, яка полягає в максимізації результату, але за умови заданих (обмежених) витрат. Іншими словами, є кошти, розмір їх заданий, тобто обмежений, використання може бути найрізноманітнішим, але як би їх не витрачали, необхідно отримати максимальний результат, який буде екстремальним. З усіх можливих варіантів використання коштів необхідно вибрати оптимальний.

Візьмемо інший критерій розв'язку задачі. Вимагається мінімізувати трудомісткість, дотримуючись директивного строку будівництва. Для цього можна залучити значні трудові ресурси. Мети буде досягнена, але рішення прийнято неефективне. Однак у задачах такого типу завжди є та межа концентрації трудових ресурсів, коли мета досягається з мінімально можливими зусиллями. Будь-яке відхилення від цієї межі дає не екстремальні розв'язки.

Таким чином, з наведених міркувань випливає, що не можна одночасно прагнути до максимуму результатів і мінімуму витрат. Необхідно максимізувати результат за умови, що витрати обмежені не перевищують відповідної величини. Можна і по-іншому висловити умову задачі - мінімізувати витрати за умови, що результати будуть не менше заданої величини [26].

3.3 Організація будівництва об'єктів в заданий термін на основі економіко-математичних моделей з обмеженою пропускнуою спроможністю

3.3.1 Математична постановка задачі

У практичній роботі, а також в наукових дослідженнях доводиться стикатися з проблемою обґрунтування строків виконання проектів або реалізації будівництва об'єктів у встановлений час інвестором. Грамотно вирішити питання можна тільки на основі наукового підходу та використання сучасної теорії дослідження операцій і засобів обчислювальної техніки.

Технології та організації будівництва завжди притаманні багатоваріантність, багатокритеріальність [12,30-34]. Оскільки будь-який проект передбачає упорядковану скінчену множину операцій, режим виконання їх завада характеризує тривалість τ_{ij} та інтенсивність виробництва, що пов'язано із залученням трудових ресурсів n_{ij} за одиницю часу.

Вибір розв'язків у вигляді конкретного варіанта дій треба зіставляти на основі кількісної оцінки ступеня досягнення мети. Ознака, за якою порівнюють і оцінюють варіанти, називається критерієм оптимальності. Якщо процес вибору розв'язків описати функцією, шукані змінні якої є допустимими й такими, що описують рух до цілі, то таку функцію називають цільовою, а розв'язок – оптимальним. Таким чином, встановити оптимальний розв'язок – це значить визначити екстремум цільової функції, і всі розмови про більш-менш оптимальний розв'язок беззмістовні, оскільки існує екстремальний, тобто оптимальний розв'язок, або його немає взагалі.

В будівництві є норми тривалості зведення об'єктів, які наводяться в будівельних нормах і правилах. Строк здачі об'єктів $T_3 \leq T_n$. Щоб досягти

мети, роботи $(i, j) \in A$ слід виконувати з відповідною швидкістю, погодженою з кінцевою метою та заданим строком введення об'єкта. Можливих варіантів досягнення мети при значних обсягах робіт будівельного проекту практично дуже багато. Залучення ресурсів пов'язане з додатковими витратами та збільшенням змінності виробництва. Проблема трудових ресурсів у будівництві є особливо актуальною, тому можна поставити мету – мінімізувати залучення ресурсів для дотримання строків будівництва. Це те саме, що мінімізувати виконання робіт у дві та три зміни.

Розглянемо граф $G(U, A)$, де U – множина вузлів /подій/ графа; A – множина дуг /робіт/. Кожна операція характеризується тривалістю t_{ij} реалізації та інтенсивністю $n_{ij} - (i, j) \in A$.

Справджується залежність

$$x_{ij} \cdot n_{ij} = Q_{ij} \quad (3.1)$$

де Q_{ij} – трудомісткість роботи (i, j) , залежить від обсягу: $i = 1, 2, \dots, n-1$; $j = 2, 3, \dots, n$; n - кількість вузлів /подій/ в моделі.

За кожною роботою $(i, j) \in A$ відома мінімальна інтенсивність n_{ij}^D , якій відповідає тривалість D_{ij} ; d_{ij} – тривалість, яка відповідає максимальній концентрації ресурсів n_{ij}^d .

Сформуємо математичну модель задачі. Дано сітьову модель (D_{ij}, T^D) , за $(i, j) \in A$ відомі d_{ij} , C_{ij} – ціна скорочення роботи на одиницю T_s .

Скорочення тривалості виконання (i, j) роботи на величину $\Delta x_{ij} = D_{ij} - x_{ij}$ може бути забезпечене залученням додаткових ресурсів, тобто за рахунок збільшення інтенсивності.

$$\Delta n_{ij} = c_{ij} \cdot \Delta x_{ij} \quad (3.2)$$

Потрібно визначити, які роботи $(i, j) \in A$ прискорити, а для яких зберегти нормальну тривалість D_{ij} . Іншими словами, треба визначити такий розв'язок (x_{ij}, T_{ij}) , який мінімізує функцію

$$I(x) = \sum_{(i,j) \in A} \Delta n_{ij} = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} (D_{ij} - x_{ij}) \rightarrow \min \quad (3.3)$$

Множину вузлів /подій/ можна визначити як $U = (1, 2, \dots, n)$, де вузол 1 означає початок робіт /проекту/, а вузол n – закінчення.

Обмеження на розв'язок задачі:

$$T_i - T_n + x_{ij} \leq 0 \text{ для всіх } (i, j) \in A \quad (3.4)$$

$$-T_i + T_n \leq T_3 \quad (3.5)$$

$$+x_{ij} \leq +D_{ij} \text{ для всіх } (i, j) \in A \quad (3.6)$$

$$-x_{ij} \leq -d_{ij} \text{ для всіх } (i, j) \in A \quad (3.7)$$

$T_i(T_j)$ – ранній строк настання події $i(j)$.

Умова (3.4) відображує нерозривність сітки і $T_j = \max(T_i + t_{ij})$. Умова (3.5) показує, що в оптимальному розв'язку критичний шлях $T_n \in T_{кр}$ не повинен перевищувати заданого строку будівництва /реалізації проекту/. Умови: (3.6) та (2.7) визначаються технологією виконання робіт $(i, j) \in A$

Що ж до цільової функції (3.3) та обмежень /в даному випадку їх чотири/, то неважно помітити необхідність визначення невідомих x_{ij} , у зв'язку з чим і ставиться задача. Величина $L(x)$ та обмеження мають лінійну залежність / x_{ij} в першому степені/. Тому сформульована задача є задачею лінійного програмування. Для її розв'язування треба перевірити розв'язність при встановленому T_3 . Використаємо для цього такий прийом. Вважаємо, що $x_{ij} = d_{ij}$, і критичний шлях, визначений при цьому, позначимо $T_{кр}$. Якщо $T_3 \geq T_d$, задача має розв'язок, в противному разі – не має.

Якщо покласти $x_{ij} = D_{ij}$, отримаємо $T_{кр}^D$. Звідси необхідно додержувати умови:

$$T^d \leq T_3 \leq T^D \quad (3.8)$$

Знаходження для кожного значення T_n із сегмента $[T^d..T^D]$ мінімуму функції

$$L(x) = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij}(D_{ij} - x_{ij}) = \left(\sum_{(i,j) \in A} c_{ij}D_{ij} - \sum_{(i,j) \in A} c_{ij}x_{ij} \right) \rightarrow \min \quad (3.9)$$

за умов (3.4–3.7) являє собою параметричну задачу лінійного програмування, Дана модель є еквівалентною розглядуваній далі задачі лінійного програмування з максимізацією функції цілі.

Враховуючи, що в (3.9)

$$\sum_{(i,j) \in A} c_{ij}D_{ij} = const, \quad (3.10)$$

замінімо цільову функцію вихідної задачі іншою функцією

$$L(x) = \sum_{(i,j) \in A} c_{ij}x_{ij} \rightarrow \max \quad (3.11)$$

яка набувала б максимального значення та задовольняла умови

$$T_i - T_n + x_{ij} \leq 0 \text{ для всіх } (i, j) \in A, \quad (3.12)$$

$$-T_i + T_n \leq T_s, \quad (3.13)$$

$$x_{ij} \leq D_{ij} \text{ для всіх } (i, j) \in A, \quad (3.14)$$

$$-x_{ij} \leq -d_{ij} \text{ для всіх } (i, j) \in A. \quad (3.15)$$

У постановці (3.12–3.15) задача може бути розв'язана універсальним симплекс-методом, який застосовується для розв'язування будь-яких задач лінійного програмування, тобто будь-яких лінійних екстремальних задач, у яких на невідомі накладено обмеження. Такі методи є більш громіздкими у порівнянні з алгоритмом транспортної задачі і їх застосування доцільне лише тоді, коли спеціальні методи є недостатніми.

У даному випадку треба використовувати інший метод розв'язування поставленої задачі (3.11–3.15). Він заснований на теорії двоїстості лінійного програмування та умовах доповнюючої не жорсткості.

У постановці (3.11–3.15) задача має вигляд, аналогічний задачі мінімізації вартості проекту, тобто задачі відшукування оптимального потоку, яка має значну перевагу в обчислювальному плані. Для цього досліджується задача, в якій відповідно до обмежень (3.12–3.15) записують невід'ємні змінні $f_{ij}, v_{ij}, \gamma_{ij}, \delta_{ij}$ які називають двоїстими. Вони перелічуються в

тому самому порядку, в якому вводилися обмеження в дану модель.

Двоїсту задачу можна сформулювати таким чином: визначити

$$Z(f) = (TV + \sum_{(i,j) \in A} D_{ij} \gamma_{ij} - \sum_{(i,j) \in A} d_{ij} \delta_{ij}) \rightarrow \max \quad (3.16)$$

за умови, що

$$f_{ij} + \gamma_{ij} - \delta_{ij} = c_{ij} \text{ для всіх } (i, j) \in A; \quad (3.17)$$

$$\sum_i f_{1j} - v = 0, \quad i = 1; \quad (3.18)$$

$$\sum_i (f_{ij} - f_{ji}) = 0, \text{ для всіх } i = 2, \dots, n-1; \quad (3.19)$$

$$-\sum_i f_{jn} + v = 0, \quad i = n; \quad (3.20)$$

$$f_{ij}, \gamma_{ij}, \delta_{ij} \geq 0, \text{ для всіх } (i, j) \in A \quad (3.21)$$

Двоїсті обмеження – рівності, оскільки змінні в основній задачі в явному виді не обмежені за знаком.

На основі математичної структури двоїстої задачі двоїсті змінні f_{ij} можна розглядати як потоки в мережі з обмеженою пропускну здатністю. Умови (3.18–3.20) відповідають обмеженням потоку відповідно для джерела, проміжних та кінцевої подій.

Так, обмеження (3.19) відповідає відомим обмеженням на збереження потоку в проміжних вузлах .

Використовуючи умови додаткової не жорсткості для задачі лінійного програмування, можна вивести результати, які повинні виконуватися для оптимального розв'язку:

Якщо $T_i - T_j + x_{ij} < 0$, то $f_{ij} = 0$;

Якщо $T_i - T_j + x_{ij} = 0$, то $f_{ij} > 0$;

Якщо $x_{ij} = D_{ij}$, то $\gamma_{ij} > 0$; (3.22)

Якщо $x_{ij} = d_{ij}$, то $\delta_{ij} > 0$;

Якщо $x_{ij} < D_{ij}$, то $\gamma_{ij} = 0$;

Якщо $x_{ij} > d_{ij}$, то $\delta_{ij} = 0$.

Двоїсті змінні γ_{ij} та δ_{ij} не можуть бути одночасно додатними, оскільки $D_{ij} \neq d_{ij}$

В обмеженні $f_{ij} + \gamma_{ij} - \delta_{ij} = c_{ij}$ невід'ємні значення γ_{ij} та δ_{ij} визначаються так:

$$\gamma_{ij} = c_{ij} - f_{ij} \text{ при } \delta_{ij} = 0;$$

$$\delta_{ij} = f_{ij} - c_{ij} \text{ при } \gamma_{ij} = 0.$$

Тому

$$\gamma_{ij} = \max[0, c_{ij} - f_{ij}] \text{ при } \delta_{ij} = 0 \quad (3.23);$$

$$\delta_{ij} = \max[0, f_{ij} - c_{ij}] \text{ при } \gamma_{ij} = 0.$$

Досліджуючи всі можливі значення $f_{ij}, \gamma_{ij}, \delta_{ij}$, можна виділити три випадки:

1. $\gamma_{ij} > 0, \delta_{ij} = 0, 0 \leq f_{ij} \leq c_{ij}, x_{ij} = D_{ij}$
2. $\gamma_{ij} = 0, \delta_{ij} = 0, f_{ij} = c_{ij}, d_{ij} \leq x_{ij} \leq D_{ij}$
3. $\gamma_{ij} = 0, \delta_{ij} > 0, f_{ij} > c_{ij}, x_{ij} = D_{ij}$

Для кожного випадку, враховуючи умови додаткової не жорсткості, знайдемо умови оптимальності:

$$1. 0 < f_{ij} < c_{ij} \text{ і } T_i - T_j + D_{ij} = 0$$

$$\text{або } f_{ij} = 0 \text{ і } T_i - T_j + D_{ij} < 0 \quad (3.25)$$

$$2. f_{ij} = c_{ij} \text{ і } T_i - T_j + x_{ij} = 0, d_{ij} \leq x_{ij} \leq D_{ij} \quad (3.26)$$

$$3. c_{ij} < f_{ij} < \infty \text{ і } T_i - T_j + d_{ij} = 0 \quad (3.27)$$

Введемо такі додаткові позначення:

$$\left. \begin{aligned} a'_{ij} &= T_i - T_j + D_{ij} - \text{резерв критичності;} \\ a''_{ij} &= T_i + T_j + d_{ij} - \text{резерв скорочення;} \\ \bar{x}_{ij} &= T_i - T_j + x_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

Умови оптимальності для кожного випадку можна записати інакше:

$$\left. \begin{array}{l} 1. 0 < f_{ij} < c_{ij} \text{ і } a'_{ij} = 0 \\ 2. f_{ij} = c_{ij} \text{ і } x_{ij} = 0 \\ 3. c_{ij} < f_{ij} < \infty \text{ і } a''_{ij} = 0 \end{array} \right\} \quad (3.29)$$

За допомогою алгоритму [1;20] послідовно визначають f_{ij} та $T_i(T_j)$, які задовольняють умови (3.29) для спадних значень, після чого шукані невідомі знаходять за формулою:

$$x_{ij} = \min(D_{ij}, T_j - T_i) \quad (3.30)$$

3.3.2 Алгоритм рішення задачі

Алгоритм (рис. 2.1) починається з максимальної тривалості проекту при $t_{ij} = D_{ij} \rightarrow T^D$, на кожній ітерації оцінюються додаткові затрати, за допомогою яких досягається деяке скорочення $T_{кр}$ на величину T_i [1].

Алгоритм складається з трьох основних кроків. Перший крок – перевірка можливості скорочення заданої тривалості проекту, тобто додержання вихідної умови (3.8).

На другому кроці виконується процедура розставлення (кодування) поміток для модифікації потоків у мережі, які відповідають двоїстій задачі.

На третьому кроці скорочується тривалість проекту, якщо на другому кроці алгоритму досягається не прорив, тобто кінцева n-на подія коду не отримана.

Як вихідні дані беремо $T_i = 0$, $T_j = \max(T_i + D_{ij})$, всі дугові потоки f_{ij} можуть бути взяті нульовими або рівними якому-небудь іншому значенню, але при цьому необхідно забезпечити допустимість вихідного варіанта, а вона буде тоді, коли задовольняється умова збереження потоку в мережі. Нульовий вектор f_{ij} автоматично забезпечує допустимість. Цього правила і

будемо додержувати.

Уводимо такі позначення:

i^*, j^* – події, що мають позначку /закодовані події/;

i^-, j^- – непозначені події;

(i, Q_j) – код j , який складається з двох частин; перша частина /позначка/ – номер /код/ попередньої події, з боку якої позначили j -ту подію;

Q_j – друга частина, яка визначається за спеціальними правилами;

$S_j = \{i, Q_j\}$ – події j присвоєно код (позначку) (i, Q_j) .

В даній процедурі вузол I (початкова подія) має постійну позначку $(0, \infty)$.

Розглянемо процедуру розставлення позначок /кодування подій/. Поділимо її на дві частини: 1) пряме кодування, тобто збільшення потоку вздовж прямих дуг (робіт); 2) зворотне, тобто зменшення потоку вздовж зворотних дуг.

1. Прямі дуги.

1.1 Якщо є подія j , яка не має коду, і для роботи (i, j) виконуються умови $a'_{ij} = 0$ і $f_{ij} < c_{ij}$, то вона отримує код $(+i, Q_j)$,

$$Q_j = \min(Q_i, c_{ij} - f_{ij}) \quad (3.31)$$

Потік f_{ij} можна збільшити на мінімальне значення, яке знаходиться між величиною потоку в i -й події та величиною, необхідною для досягнення величини c_{ij} , яка обмежує умови на потік.

1.2. Якщо подія j , яка не має коду, така, що для роботи (i, j) виконується умова $a''_{ij} = 0$, то подія j отримує позначку $(+i, Q_i)$.

1.3. Якщо для події j , яка не має позначки, умови 1.1 та 1.2 не виконуються, вона не позначається (залишається без коду).

2. Зворотні дуги.

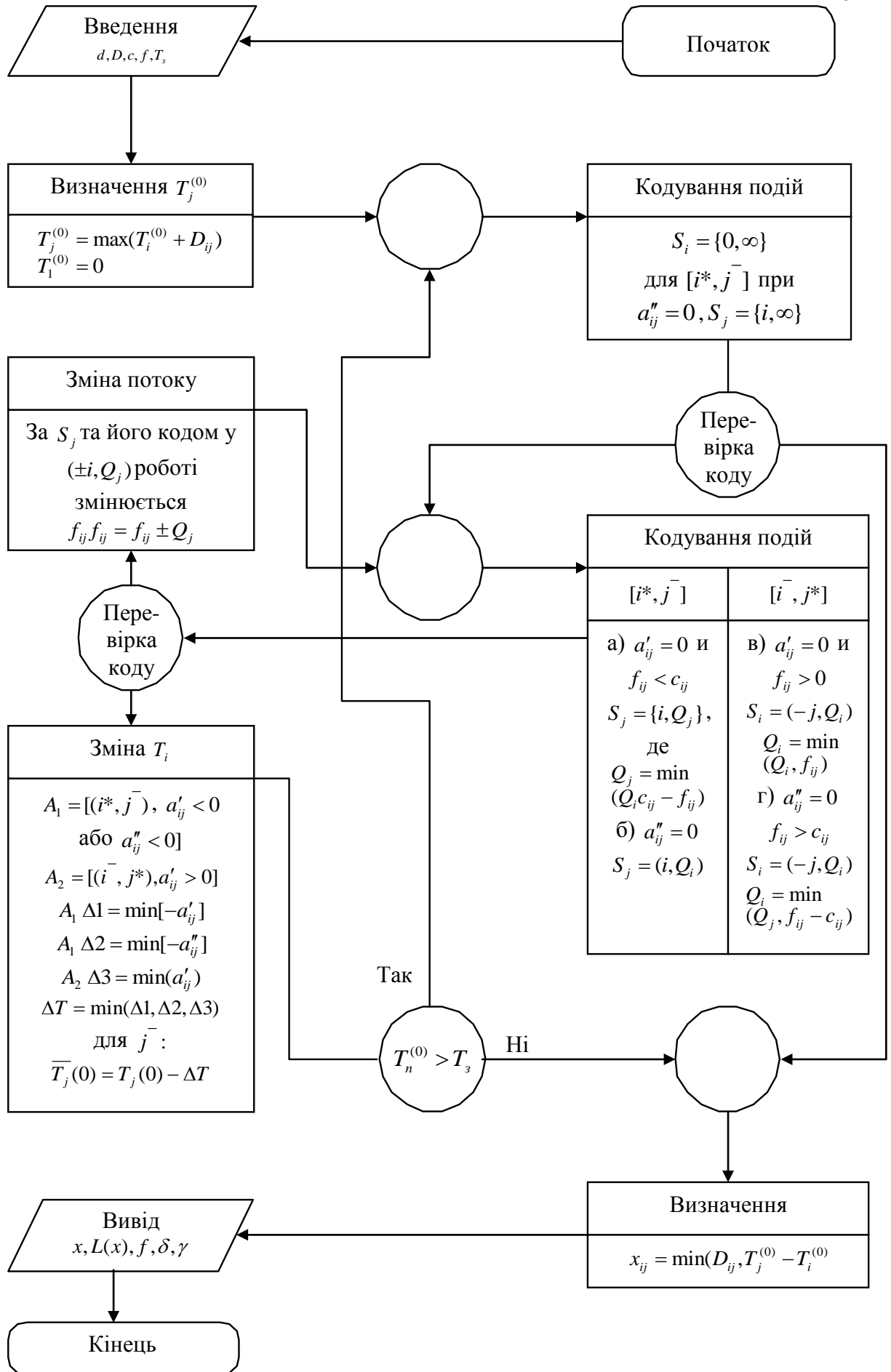


Рисунок 3.1 - Структурна схема алгоритму.

2.1. Нехай деяка ще не розглянута подія i не має коду, а подія j його має, якщо для роботи (i, j) виконуються умови $a'_{ij} = 0$ і $f_{ij} > 0$, то подія i отримає позначку $(-j, Q_i)$, де

$$Q_i = \min(Q_j, f_{ij}) \quad (3.32)$$

Із i -ї події до j -ї можна направити зустрічний потік, величина якого обмежується потоком, який вже є в j . Призначення зустрічного потоку полягає в зменшенні величини потоку f_{ij} .

2.2. Якщо для роботи (i, j) виконуються умови $a''_{ij} = 0$ і $f_{ij} > c_{ij}$, то подія i одержить позначку $(-j, Q_i)$, де

$$Q_i = \min(Q_j, f_{ij} - c_{ij}) \quad (3.33)$$

2.3. Якщо умови 2.1 та 2.2 не виконуються, то подія i позначки не отримує.

Внаслідок використання процедури кодування кінцева n -та подія може отримати позначку або лишитися без неї. В першому випадку n -та подія /вузол/ має код $(+k, Q_n)$, змінюємо потік у мережі на величину другої частини коду, тобто $f_{ij}^{нов} = f_{ij}^{cm} \pm Q_n$ в напрямі першої частини коду. Після досягнення початкової події починаємо (повторюємо) процедуру кодування.

У другому випадку (n -на подія коду не отримала) починається процедура зміни строків здійснення подій. Цей етап виконують тільки в тому випадку, коли неможливо позначити n -ну подію (у даному прикладі це U_{106} .)

Розглядувана ситуація називається не проривом. Розв'язання зайшло в глухий кут і виходу немає. Однак з появою не прориву є ще один спосіб пошуку оптимального розв'язку.

Стан дуги визначається величинами a'_{ij} , a''_{ij} , тобто $a'_{ij} = T_i + D_{ij} - T_j$, $a''_{ij} = T_i + d_{ij} - T_j$; вони можуть змінюватися внаслідок зміни вузлових чисел (значень $T_{i(j)}$).

За означенням двоїстої задачі кожній події ставиться у відповідність деяка змінна $T_{i(j)}$. З появою не прориву постає запитання: значення яких

змінних $T_{i(j)}$ слід змінити, щоб побудувати шлях із вузла i в n ?

Як відомо, рух почався з вузла i і далі повинен проходити по прямих і зворотних дугах до події n , але цього алгоритм не дозволяє. Отже, треба усунути причину та привести у відповідність дугові потоки f_{ij} і вузлові числа $T_{i(j)}$. Очевидно, що з появою не прориву існують дві неперетинні множини подій: які мають код та незакодовані. В даній ситуації не прориву цікавими є тільки події, за допомогою яких можна завершити рух з i -ї події в n -у.

Розглядаються тільки ті числа $T_{i(j)}$, які відповідають дугам, що з'єднують позначені події з непозначеними. Можливий такий стан дуг: (i^*, j^*) , (i^-, j^-) , (i^*, j^-) , (i^-, j^*) . В даному випадку досліджуються тільки дуги (i^*, j^-) , (i^-, j^*) , тобто нехай U – множина вузлів графа, з якого виділимо E – множину позначених вузлів $E \in U$, а \bar{E} – множина непозначених вузлів $\bar{E} \in U$. Призначення цієї процедури в тому, щоб прискорити час настання кожної події множини \bar{E} .

Якщо $i \in E$, то $j \in \bar{E}$. Якщо дуга (i, j) задовольняє хоч би одну з умов $a'_{ij} < 0$, $a''_{ij} < 0$, то час здійснення подій j можна скоротити, щоб виконати умову для x_{ij} , яка необхідна для досягнення оптимальності.

Якщо $B = \{(i, j) / i \in E, j \in \bar{E}, a'_{ij} < 0 \text{ або } a''_{ij} < 0\}$,

$$\text{то } \Delta_1 = \min(\bar{x}_{ij} = x_{ij} + T_i - T_j < 0) \quad (3.34)$$

Вираз $\bar{x}_{ij} = x_{ij} + T_i - T_j$ перетворимо до вигляду $0 = x_{ij} + T_i - (T_j) + \bar{x}_{ij}$, звідки випливає, що T_j можна зменшити на \bar{x}_{ij} /тут $-\bar{x}_{ij} < 0$ /, щоб задовольнялась умова, відповідно до якої нове значення x_{ij} обчислене при новому T_j , дорівнює нулю, що потрібно для забезпечення оптимальності.

Якщо дуга (i, j) задовольняє одну з умов $a'_{ij} > 0$, $a''_{ij} > 0$, то час здійснення j -ї події можна скоротити, щоб виконувалась умова для x_{ij} , необхідна для досягнення оптимальності.

Якщо $B = \{(i, j) / i \in \bar{E}, j \in E, a'_{ij} > 0 \text{ або } a''_{ij} > 0\}$,

$$\text{то } \Delta_2 = \min[\bar{x}_{ji} = x_{ji} + T_j - T_i > 0] \quad (3.35)$$

Умову $\bar{x}_{ji} = x_{ji} + T_j - T_i$ перетворимо до виду $0 = x_{ji} + (T_j - \bar{x}_{ji}) - T_j$, звідки випливає, що T_j можна скоротити на x_{ji} ($\bar{x}_{ji} > 0$), щоб задовольнялась умова, відповідно до якої нове, значення \bar{x}_{ji} , обчислене при новому T_j , дорівнює нулю, а це забезпечує оптимальність.

Далі обчислюємо $\Delta T = \min(\Delta_1, \Delta_2)$ і для всіх подій $j \in \bar{E}$ (які не мають позначки) змінюємо строки їх настання на величину ΔT , тобто

$$T_j^{нов} = T_j^{см} - \Delta T \quad (3.36)$$

Внаслідок зміни всіх значень T_j (повторюємо, що зміні підлягають строки настання тих подій, які не отримали коду при перегляді всіх зв'язних дуг) починаємо процедуру розставляння позначок. У всіх випадках перевага віддається позначкам (i, ∞) , що приводить до скорочення обсягів розрахунків, тобто збіжність прискорюється.

3.4 Моделювання задач планування і управління проектами в умовах невизначеності і ризику

У зв'язку з розвитком ринкових відносин в нашій країні, працювати все частіше доводиться в умовах високої невизначеності і невпевненості в отриманні очікуваної кінцевої прибутку. Завжди залишається можливість того, що проект, визнаний спроможним, виявиться збитковим, оскільки досягнуті значення параметрів відхилилися від планових, або ж будь-які чинники взагалі не були враховані. Практично неможливо розташовувати всеосяжної оцінкою ризику, так як число станів зовнішнього середовища завжди перевищує управлінські можливості приймає рішення особи, і обов'язково знайдеться мало імовірнісний сценарій розвитку подій (будь-яка катастрофа, наприклад), який, будучи неврахований в проекті, проте, може відбутися і порушити заплановані процеси. У той же час має сенс докладати

зусиль щодо підвищення рівня своєї обізнаності і необхідно намагатися вимірювати ризикованість прийнятих рішень, як на стадії розробки проекту, так і в ході процесу його реалізації. Практичні завдання управління проектами носять різноманітний характер, можливі варіанти управлінських рішень залежать від великої кількості факторів, які викликають появу ризику, тому що використовується в практиці модель управління реалізацією проектів повинна враховувати фактори ризику [5,22,26,30,32-34,38].

Реалізація прийнятих рішень з управління складними проектами схильна до об'єктивно існуючої і принципово непереборний невизначеності. Те чи інше прояв невизначеності може затримати наступ запланованих подій, змінити їх зміст, або спричинити розвиток подій як передбачуваних, так і непередбачених. В результаті поставлена мета не буде досягнута або досягнута не в повній мірі. Можливість відхилення від мети, тобто розбіжність фактично отриманого з наміченим результатом в момент прийняття рішення, характеризується такою категорією як ризик.

Ризик зазвичай поділяється на два типи - динамічний і статичний.

Динамічний тип - це ризик непередбачених змін вартості основного капіталу внаслідок прийняття управлінських рішень або непередбачених змін ринкових чи політичних обставин. Такі зміни можуть призвести як до втрат, так і до додаткових доходів.

Статичний ризик - це ризик втрат реальних активів внаслідок нанесення шкоди власності, а також втрат доходу через недієздатність організації. Цей ризик може призвести лише до втрат.

Особливий інтерес для підприємств представляє перший тип. Сучасні методи оцінки націлені на аналіз саме цього класу ризику. Після врахування ступеня невизначеності і ризику можливе прийняття більш обґрунтованих рішень.

Постійне ускладнення систем виробництва робить неприйнятними сучасні аналітичні детерміновані методи для дослідження організаційно-технологічних рішень і проектування інвестиційних проектів, оскільки

«прогнозування» поведінки складної системи може мати сенс тільки в рамках імовірнісних категорій. Іншими словами, для очікуваних подій можуть бути вказані лише ймовірності їх настання.

Вельми перспективним у цьому зв'язку є імітаційне моделювання, яке дозволяє дати єдине логіко-математичне уявлення системи на основі об'єднання формальних і неформальних методів. Вивчення досвіду застосування імітаційного моделювання в інших галузях свідчить про його великих практичних можливостях.

Імітаційне моделювання є по суті, єдиним методом дослідження випадкових систем проекту, де натуральний експеримент практично неможливий (вимагає великих витрат часу, коштів і економічно недоцільний). Імітаційні методи дозволяють не тільки аналізувати всі існуючі системи, але на основі цього досвіду і різних гіпотез прогнозувати і проектувати оптимальні за кожним прийнятим критерієм системи, що володіють принципово новими організаційно-технологічними властивостями, такими як організаційно-технологічна надійність [6; 34].

Підвищення організаційно-технологічної надійності виробництва можна досягти двома принципово різними шляхами:

1. Зменшенням величини факторів, що порушують надійність функціонування будівельних систем, що не завжди можливо;
2. Розробкою системи, надійно функціонує в умовах впливу цих факторів.

Однією з причин, що ускладнюють перебування абсолютно оптимального рішення виконання робіт, є випадковий характер значення тривалості робіт всього проекту і як наслідок варіювання вартості проекту від запланованої величини.

Проведені дослідження [6; 34,41] дозволяють зробити висновок, що для оцінки критеріїв надійності рішень організаційно-технологічного проектування необхідно використовувати імовірнісні методи, їх створення і застосування повинне базуватися на сіткових моделях, тип опису яких носить

детерміновано-стохастичний характер. При цьому окремі характеристики дуг-робіт представляються як випадкові величини, підлеглі певним законом розподілу. Параметри розподілу встановлюються на основі статистичних або нормативних даних з використанням відомих методів їх статистичної обробки. У разі відсутності таких даних можна використовувати експертні оцінки параметрів, певні апріорно на основі виробничого досвіду.

Імітаційна модель повинна відображати об'ємно-конструктивні характеристики розроблюваного проекту, організаційно-технологічні особливості виконання робіт, багатоваріантність і імовірнісний характер виробництва.

Використання імітаційного моделювання стосовно до проектування на підприємстві може бути проведено на основі організаційно-технологічних заходів. Календарний план будується з урахуванням вимог і обмежень організації, технології та економіки виробництва, що встановлюють чітку послідовність виконання робіт. При цьому далеко не повністю враховуються варіантність здійснення робіт, їх взаємозв'язку в процесі виконання проекту, не визначається доцільний порядок перерозподілу ресурсів між ділянками і роботами, зазвичай необхідний в процесі виробництва. Отже, існує значна кількість неврахованих і неоцінених ступенів свободи в структурі складного проекту, що відображаються детерміновано в моделі.

У зв'язку з цим очевидна можливість вибору тих ступенів свободи і такої структури процесу, які дозволяють скоротити термін при заданому рівні надійності або підвищити надійність при заданому терміні. Така оптимізація організаційно-технологічних рішень можлива при використанні імітаційного моделювання, що дозволяє відтворити дії керівника в процесі виконання проекту. При цьому в процесі проектування можна одночасно врахувати як організаційно-технологічні умови виробництва, так і питання управління перерозподілом ресурсів. Цілеспрямоване побудова моделі з заданим рівнем надійності є завданням синтезу і принципово відрізняється

від ситуації, методології, заснованої на детермінованому аналізі декількох варіантів плану за критеріями, які враховують надійність.

Процеси, що відбуваються при реалізації проекту, кількісно можуть бути описані деяким заданим набором фазових координат, повністю визначають стан системи в даний момент часу з урахуванням прийнятих обмежень. Можливості керуючих впливів в системі представляються набором деяких велич, що впливають на її фазові координати. Ці величини можуть бути обрані в кожен фіксований момент часу довільно з деякого заданого безлічі.

Фазові координати системи залежать також від ряду неконтрольованих змінних, що відображають мінливу в часі обстановку. Дійсно, практично неможливо заздалегідь передбачити всі ті відхилення, які можуть виникнути і викликати зміну запланованих рішень в процесі реального функціонування системи через непередбачені зовнішніх впливів.

Неконтрольовані фактори з точки зору наявної інформації в момент побудови моделі, можна розділити на три групи [21,32-34]:

- певні чинники, значення яких є відомими;
- статистично певні чинники (випадкові з відомими законами розподілу);
- невизначені фактори, для яких вказана тільки область їх зміни або область, всередині якої знаходяться закони розподілу, якщо ці фактори випадкові.

Звичайна процедура включення неконтрольованих чинників при побудові моделі полягає в їх опосередкованому обліку через значення внутрішніх параметрів системи, які вважаються випадковими величинами з відомими функціями розподілу. При цьому модель повинна генерувати ситуації, що виникають під впливом факторів, що обурюють. Пропонуємо наступну методику виконання завдання обліку ризику і невизначеності в складному проекті за умови виконання його в заданий термін.

Тривалість роботи з сітьової моделі заздалегідь точно не відома і може приймати лише один із низки можливих значень. Іншими словами, тривалість роботи $t_{i,j}$ є випадковою величиною, яка характеризується своїм законом розподілу, а значить, своїми числовими характеристиками. Практично у всіх системах СПУ апріорі приймається, що розподіл тривалості робіт має три властивості: а) безперервність; б) унімодальне, тобто наявність єдиного максимуму у кривій розподілу; в) двома точками перетину кривій розподілу з віссю Ox , мають невід'ємні абсциси [8;9;10,32-34].

Крім того, встановлено, що розподіл тривалості і вартості робіт має позитивну асиметрію, тобто максимум кривої зміщений вліво щодо медіани (лінії, що ділить площу під кривою на дві рівні частини).

Найпростішим розподілом з подібними властивостями є відоме в математичній статистиці β -розподіл. Аналіз великої кількості статистичних даних (хронометражі часу реалізації окремих робіт, нормативні дані і т.п.) показує, що β -розподіл можна використовувати в якості апріорного для всіх робіт.

Для визначення числових характеристик математичного очікування і цього розподілу для роботи (i, j) на підставі опитування відповідальних виконавців проекту та експертів визначають три тимчасові оцінки (рис. 3.3):

а) оптимістичну оцінку $t_{0i, j}$, тобто тривалість роботи (I, j) при найсприятливіших умовах;

б) песимістичну оцінку $t_{ni, j}$, тобто тривалість роботи (I, j) при найнесприятливіших умовах;

в) найбільш ймовірну оцінку $t_{nvi, j}$, тобто тривалість роботи (I, j) при нормальних умовах.

Припущення про β -розподіл тривалості роботи (I, j) дозволяє визначити математичне очікування $t(t_{ij})$ і дисперсію часу виконання $D(t_{ij})$ за формулами:

$$m(i, j) = \frac{[t_{ij}^0 + 4t_{ij}^{HB} + t_{ij}^n]}{6}$$

$$D(i, j) = \left(\frac{t_{ij}^n - t_{ij}^0}{6} \right)^2$$
(3.37)

Якщо сітьова модель G складається з A робіт з випадковою тривалістю їх виконання, то час виконання всіх робіт є випадкові величини з заданими законами розподілу. Загальний час (критичний шлях) виконання всього проекту, розглядається як функція випадкових величин, тобто .:

$$T(G) = \sum_{i,j=1}^n t_{ij}$$

Довжина шляху $T(G)$ вважається розподіленим (згідно центральної граничної теоремі) за нормальним законом з математичним очікуванням $m(G)$ і дисперсією $D(G)$:

$$m(G) = \sum_{ij \in A_{кр}} T_{ij}$$

$$D(G) = \sum_{ij \in A_{кр}} D_{ij}^2$$
(3.38)

де $A_{кр}$ - підмножина робіт критичного шляху.

Значення $m(G)$ і $D(G)$ можуть розглядатися як додаткові імовірнісні критерії оцінки ефективності варіанту.

Наведені формули носять суб'єктивний характер (як і весь підхід такого роду до імовірнісних систем). Ступенем достовірності розрахунку служить близькість задаються величин t_{ij}^0 , t_{ij}^n , t_{ij}^{HB} до об'єктивних нормативним даним. Крім цього β -розподіл характеризується чотирма параметрами, які не можуть бути оцінені за трьома заданими характеристиками. Ця обставина унеможливорює моделювання значень часу виконання робіт методом статистичних випробувань.

У роботах [8;9;10] запропонована формула β -розподілу:

$$P(i, j) = \left(\frac{12 \times [t_{ij}^{n6} - t_{ij}^0] \times [t_{ij}^n - t_{ij}^{n6}]^2}{[t_{ij}^n - t_{ij}^0]^4} \right), \quad (3.39)$$

яка дозволяє знизити число аналізованих даних зі збереженням достатньої точності оцінки і робить можливим моделювання значень часу виконуваних робіт методом статистичних випробувань на основі всього лише двох задаються характеристик t_{ij}^0, t_{ij}^n . Вирази для визначення математичного очікування $m(t_{ij})$ і дисперсії часу виконання $D(t_{ij})$ в цьому випадку приймає вид:

$$m(i, j) = \frac{3t_{ij}^0 + 2t_{ij}^n}{5}; \quad (3.40)$$

$$D(i, j) = 0,04[t_{ij}^n - t_{ij}^0]^2.$$

Оцінка критерію надійності P виконання проекту в заданий термін T_3 визначається як ймовірність попадання випадкової величини T в інтервал $[0, T_3]$:

$$P(T \leq T_3) = \int_0^{T_3} W(t) dt \quad (3.41)$$

де $W(t)$ - щільність ймовірностей випадкової величини T .

Моделювання мережевих моделей методом статистичних випробувань з використанням обчислювальної техніки показало, що без урахування стохастичних робіт розподіл більше відповідає нормальному закону, який має посвідку:

$$W(T) = \frac{e^{-\left[\frac{(T-T_{\min}) - (T_0 - T_{\min})}{\sigma}\right]^2 / 2\sigma^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \quad (3.42)$$

а з урахуванням стохастичних робіт більше відповідає логарифмічному нормальному закону розподілу, що має вигляд:

$$\sigma^2 = M(\lg T_0 - \lg T_m), \quad (3.43)$$

де T_e - медіана статистичного розподілу, тобто таке значення T , при якому площа гістограми зліва дорівнює площі праворуч,

T_{\min} - мінімальне статистичне значення T , після розіграшів,

σ - середньоквадратичне відхилення випадкової величини T .

Для логарифмічного нормального розподілу:

$$\sigma^2 = \sum \frac{(T_n - T_0)^2}{N - 1} \quad (3.44)$$

де T_m - мода статистичного розподілу, тобто T має максимальне значення $F1$ - частоти (ймовірності).

Для нормального закону розподілу:

$$P(T \leq T_3) = \int_0^{T_3} \frac{e^{-\left[\frac{(T - T_{\min}) - (T_0 - T_{\min})}{\sigma}\right]^2 / 2\sigma^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}} dT \quad (3.45)$$

$$P(T \leq T_3) = \int_0^{T_3} \frac{M}{(T - T_{\min})\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-[\lg(T - T_{\min}) - \lg(T_0 - T_{\min})]^2 / 2\sigma^2} dT$$

В якості критерію ефективності задачі приймаємо величину оптимального співвідношення величин вартості і строків виконання проекту в залежності від конкретних цілей, що ставляться при його реалізації. А саме можливість вибору такого плану реалізації проекту, який дозволяє скоротити термін при заданій надійності або підвищити надійність при заданому терміні, але з урахуванням показників вартості проекту. Цей критерій характеризується наступними властивостями: актуальністю, новизною, можливістю економічної інтерпретації.

Обмеженнями є: заданий рівень надійності, заданий термін виробництва, кількість ресурсів при скороченні терміну, а також правила їх взаємодії і специфіка інвестування, облік яких при сучасному розвитку може проводитися на основі досвіду і інтуїції дослідників. Після побудови оптимального рішення практичний інтерес представляють також питання: з якою ймовірністю можна очікувати освоєння капітальних вкладень і подальше виконання робіт за певний заданий час T і в рамках виділених коштів C . З найбільшою вірогідністю можна відповісти на поставлені питання після статистичних випробувань мережевий моделі робіт.

Пропонується наступна методика використання методу статистичного моделювання для оцінки критеріїв надійності параметрів організаційно-технологічних варіантів зведення об'єктів виробництва.

Кожна робота (i, j) А характеризується тривалістю t_{ij} , яка може перебувати в межах:

$$a_{ij} \leq t_{ij} \leq b_{ij} \quad (3.46)$$

де a_{ij} - мінімально можлива (екстрена) тривалість роботи (i, j) , яку тільки можна здійснити в умовах розробки;

b_{ij} - нормальна тривалість виконання роботи (i, j) .

При використанні методу «час - вартість» припускають, що зменшення тривалості роботи пропорційно зростанню її вартості, тобто вартість c_{ij} роботи (i, j) укладена в межах від $C_{\min ij}$ (при нормальній тривалості роботи) до $C_{\max ij}$ (при екстремній тривалості роботи). Використовуючи апроксимацію по прямій (рис. 3.2), можна знайти зміна вартості роботи Δc_{ij} при зміні її тривалості:

$$\Delta c_{ij} = (b_{ij} - t_{ij})h_{ij}. \quad (3.47)$$

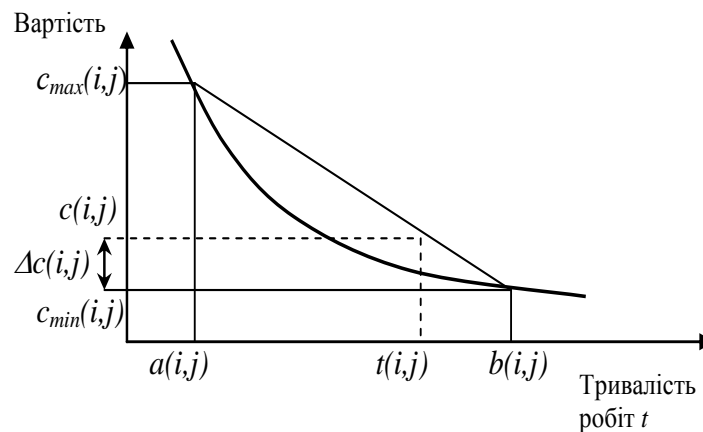


Рисунок. 3.2 - Залежність тривалості і вартості роботи

Величина h_{ij} показує витрати на прискорення роботи (i, j) (в порівнянні з нормальною тривалістю) на одиницю часу:

$$h_{ij} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{c_{ij}^{\max} - c_{ij}^{\min}}{b_{ij} - a_{ij}} \quad (3.48)$$

Закон розподілу випадкової величини $T_{кр}$ є композицією законів розподілу випадкових величин тривалості робіт, що належать критичному шляху.

Нині одним з найбільш поширених прийомів побудови випадкових (точніше за псевдовипадкових) чисел із заданим законом розподілу є метод інверсій, який полягає в наступному.

Нехай $P(t)$ - щільність розподілу випадкової величини t .

Область її зміни $[a_{ij}, b_{ij}]$. Помістимо область, обмежену віссю абсцис і графіком функції, усередині прямокутника, обмеженого на осі абсцис прямими $t_{ij}=b_{ij}$, $t_{ij}=a_{ij}$ і прямій $y = \max P(t)=M$

Площа такого прямокутника дорівнює: $(b_{ij}-a_{ij}) M$. Нехай $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - дві рівномірно розподілені випадкові величини: ε_1 рівномірно розподілена в інтервалі $[a_{ij}, b_{ij}]$, ε_2 - в інтервалі $[0, M]$. Якщо $P(\varepsilon_1) \geq \varepsilon_2$, то число ε_1 приймається в якості шуканої випадкової величини, якщо ж $P(\varepsilon_1) < \varepsilon_2$, то пара $[\varepsilon_1, \varepsilon_2]$ відкидається і береться наступна. Цей процес триває до тих пір поки знову не матиме місце співвідношення $P(\varepsilon_1) \geq \varepsilon_2$. Даний спосіб особливо ефективний в тих випадках, коли зміна функції $P(t)$ в інтервалі $[a_{ij}, b_{ij}]$ не велика.

Математичне сподівання числа розіграшів двовимірної точки $[\varepsilon_1, \varepsilon_2]$ для отримання єдиного значення випадкової величини t_{ij} одно:

$$m = (b_{ij} - a_{ij})M \quad (3.49)$$

Для випадку (3.49) M одно

$$M = 16/9 (b_{ij} - a_{ij}) \quad (3.50)$$

Таким чином, ε_1 моделюється в інтервалі $[a_{ij}, b_{ij}]$, а ε_2 - в інтервалі $[0, 1]$. Якщо випадкова величина розподілена в інтервалі $[0 \div 1]$ рівномірно (а саме такого роду випадкові послідовності генеруються програмним способом), зведення випадкової величини t_{ij} , розподіленої рівномірно в інтервалі $[a_{ij}, b_{ij}]$, проводиться за допомогою функціонального перетворення:

$$t_{ij} = (b_{ij} - a_{ij})\varepsilon + a_{ij}, \quad (3.51)$$

а значення c_{ij} визначається за формулою:

$$c_{ij} = \frac{[b_{ij} - t_{ij}] \cdot [c_{ij}^{\max} - c_{ij}^{\min}]}{b_{ij} - a_{ij}} \quad (3.52)$$

Практично цілком достатньо вважати всі вхідні в план роботи по часу незалежними, а відповідні їм величини некорреліованими.

У багатьох випадках мережеві моделі мають частина стохастичних робіт. Зокрема, умовно прийняті як ймовірності появи стохастичних робіт (це перш за все усунення виникаючих непередбачених ситуацій) і їх тимчасові оцінки визначаються тільки на основі досвіду. Перш ніж приступити до дослідження мережевої моделі методом статистичних випробувань, необхідно побудувати робочий вихідний мережевий графік з включенням в нього, якщо є необхідність, стохастичних робіт. Для моделювання процесу методом статистичних випробувань потрібно порядком 103 - 105 розіграшів.

Розрахувавши мережевий графік при $t_{ij} = a_{ij}$, отримаємо T_{\min} потім вважаємо $t_{ij} = b_{ij}$ отримуємо T_{\max} . Значення T_{\min} , T_{\max} визначають можливі крайові терміни реалізації моделі. Значення C_{\min} , C_{\max} визначають крайові вартості реалізації проекту, випадковою величиною для операцій в даному випадку виступає t_{ij} . Проміжок $[T_{\min}, T_{\max}]$ розбиваємо на інтервали ΔT_i ($T_1 = T_{\min} + \Delta T_i$, $T_2 = T_1 + \Delta T_i$) і т.д. В області математичного очікування інтервали ΔT_i необхідно брати найменшими.

При черговому розіграші моделі для кожної операції (i, j) A , у якій $t_{ij} > t_{\min}$, генерується випадкове число ε за законом β -розподілу. Після визначення всіх значень тривалості операцій - t_{ij} , мережева модель розраховується за стандартною програмою і встановлюється випадкове час її реалізації по одному з можливих варіантів числа розіграшів - T_i . Для кожної операції визначається випадкова величина ε , розподілена в інтервалі $[0,1]$ рівномірно, а саме такого роду випадкові послідовності генеруються

програмним способом, як вказано вище, і зведення до випадкової величиною t_{ij} , розподіленої в інтервалі $[t_{\min} - t_{\max}]$, проводиться за формулою (3.52).

Багаторазовим розіграшем мережевий моделі з розглянутого вище методу визначаємо кількість значень T , що потрапили в кожний із заданих інтервалів ΔT_i , і відповідні частоти F_1 за виразом:

$$F_1 = NN / N_{li} \quad (3.53)$$

де N_{li} - кількість розіграшів мережевий моделі

Значення F_1 необхідно для побудови графіка статистичної функції розподілу $F(T) = P(T \leq T_{\text{задан}})$ і гістограми частот (рис. 3.5). Для побудови графіка статистичної щільності розподілів необхідно для кожного інтервалу визначити значення F_2 за виразом:

$$F_2 = F_1 / \Delta T_i \quad (3.54)$$

Всі отримані результати зводяться в таблицю статичного ряду. За значеннями F_2 можна побудувати статистичний графік щільності розподілу ймовірностей випадкової величини T і визначити параметри функції щільності розподілу $f(T)$. Визначається ділянку ΔT_i , в який потрапляє T_i . На друк видається вісім масивів, які використовуються для побудови графіка статистичної функції розподілу часу, а також для побудови графіка щільності $f(T)$.

Статистичні T_{\min} , T_{\max} , як правило, мають значення $T_{\min} > T_{\min}$, $T_{\max} < T_{\max}$. Це логічно, тому що практично дуже вірогідний випадок, коли в мережевий моделі всі роботи виконуються тільки при мінімальних або максимальних тривалість.

Для визначення тривалості T_n , в яку ми вкладаємося із заданим рівнем надійності P_3 необхідно вирішити задачу:

$$T_n = \int_{T_{\min}}^{T_{\max}} e^{-\left[\frac{(T - T_{\min}) - (T_0 - T_{\min})}{\sigma}\right]^2 / 2\sigma^2} \frac{dT}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad (3.55)$$

Інтегруванням $f(T)$ в межах T_{\min} , T_{\max} можна визначити ймовірність виконання проекту в заданий термін.

Для більшості практичних задач будівельного виробництва більш раціонально і значно простіше будувати графік статистичної функції розподілу $F(T)$ і по ньому графічно визначити ймовірність виконання графіка робіт за відведений час. Робиться це в такий спосіб: по осі абсцис відкладаються прийняті значення T_{\min} , T_1 , T_2 , ..., T_{\max} . З середини кожного інтервалу T будуються ординати, що дорівнюють сумі всіх F_1 , лівіше стоять інтервалів, включаючи і F_1 даного інтервалу. Поєднавши отримані точки кривої, отримуємо графік функції розподілу $F(T)$.

Для більшості практичних завдань раціонально будувати графік $F(T) = P(T < T_3)$, $F(C) = P(C < C_3)$ і по ньому графічно визначати реалізацію моделі в задані час. Користуючись ним, не вдаючись до аналітичного розрахунку, можна встановити рівень надійності і ризику. Кордон допустимого ризику (НДР), як показали багато досліджень, знаходиться в наступному діапазоні:

$$0,35 < P(T) < 0,65 \quad (3.56)$$

При $P(T) < 0,35$ небезпека порушення термінів і вартості (збільшення) настільки велика, що слід переглянути рішення. Якщо $P(T) > 0,65$ доцільно переглянути рішення, оскільки використовуються надлишкові ресурси [12 - 16].

4 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ МОДЕЛІ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТА НА ПРИКЛАДІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦЕХУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАВОДУ «УКРГРАФІТ» В М. ЗАПОРІЖЖЯ.

4.1 Розробка укрупненого сітьового графіка на комплекс будівельно-монтажних робіт

Згідно ДБН 3.1-5:2016 «Організація будівництва» [18] для об'єктів (комплексів), де вперше використовується унікальне технологічне обладнання, до складу ПОБ додатково розробляється комплексний укрупнений сітьовий графік (КУСГ), який відображає взаємозв'язки між усіма учасниками будівництва, встановлюються терміни основних етапів, черговість будівництва окремих об'єктів, терміни поставок обладнання. При його розробці потрібні наступні дані: заданий термін будівництва підприємства, що проектується, рішення з питань його матеріально-технічного забезпечення; технологічні і компонувальні рішення проекту (робочого проекту): склад пускових комплексів по чергах будівництва; повний перелік об'єктів; технологічна послідовність введення виробництва та ін; склад і потужності організацій, що намічаються для здійснення будівництва; відомості про виробничій базі.

У даній роботі розробка КУСГа виконується на прикладі реконструкції цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя. Для цього складена картка-визначник робіт (КОР), представлена в таблиці 4.1. Вихідними даними для КОРу послужили реальні кошторису на комплекс будівельно-монтажних робіт (БМР). На даній стадії БМР укрупнювалися, і вже визначалася послідовність їх виконання. На підставі розробленого КОРу побудований КУСГ представлений на рис. 4.1. При цьому були враховані всі розглянуті раніше правила побудови мережевих моделей.

Таблиця 4.1 - Картка-визначник робіт

Шифр роботи по графіку	Найменування робіт	Трудомісткість, чол.-дн.	Тривалість, дн.	Змінність	Вартість, грн.	Кількість виконавців
1	2	3	4	5	6	7
1-2	Підготовчий період	1320	66	1	294031	20
2-3	Роботи "нульового" циклу	975	65	1	441047	15
2-9	Інші роботи					
3-4	Улаштування бетонних підлог	60	12	1	9677	5
4-5	Монтаж металоконструкцій будівлі :					
	Монтаж каркаса	2927.885	183	2	316049	8
	Монтаж підкранових шляхів	133.5	14	2	8118	5
	Монтаж зв'язків і розпірок	221.625	23	2	12556	5
	Забарвлення металевих поверхонь	106	27	1	35055	4
	Встановлення і розбирання засобів підмашування для забарвлення металоконструкцій	250.625	42	2	8370	3
4-6	Монтаж стінового обгороджування і заповнення отворів :					
	Установка панелей зовнішніх стін	1103.5	111	2	87741	5
	Герметизація горизонтальних і вертикальних стиків стінних панелей, облаштування деформаційних вертикальних швів, карбування швів з внутрішньої сторони розчином	278.375	47	1	38515	6

Продовження таблиці. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
4-6	Установка опорних куточків, монтажних виробів, насадок фахферка, а також виготовлення і установка заставних деталей	70.25	9	2	44538	4
	Облаштування окремих місць легкобетонними каменями без облицювання з армуванням кладки	7.5	4	1	691	2
	Ґрунтування металевих поверхонь з подальшим їх забарвленням	1.125	2	1	238	1
	Установка і розбирання зовнішніх інвентарних лісів	91.75	23	1	5394	4
	Заповнення прорізів з постановкою болтів будівельних з гайками и шайбами	11.875	3	1	3133	4
	Установка і розбирання зовнішніх інвентарних лісів трубчастих	30.375	16	1	2187	2
4-7	Облаштування покриття :					
	Укладання плит покриття	90.625	12	2	9344	5
	Промазування знизу швів панелей перекриття розчином, установка монтажних виробів, попереднє свердління кільцевими алмазними свердлами	49.375	25	1	1944	2
5-8	Облаштування покрівлі	171	57	1	62208	3
6-9	Оздоблювальні роботи	708	118	1	164640	6
7-9	Облаштування підлог	210	35	1	48384	6
8-9	Пуск і наладка устаткування	200	40	1	26463	5
9-10	Здача	30	10	1	4411	3

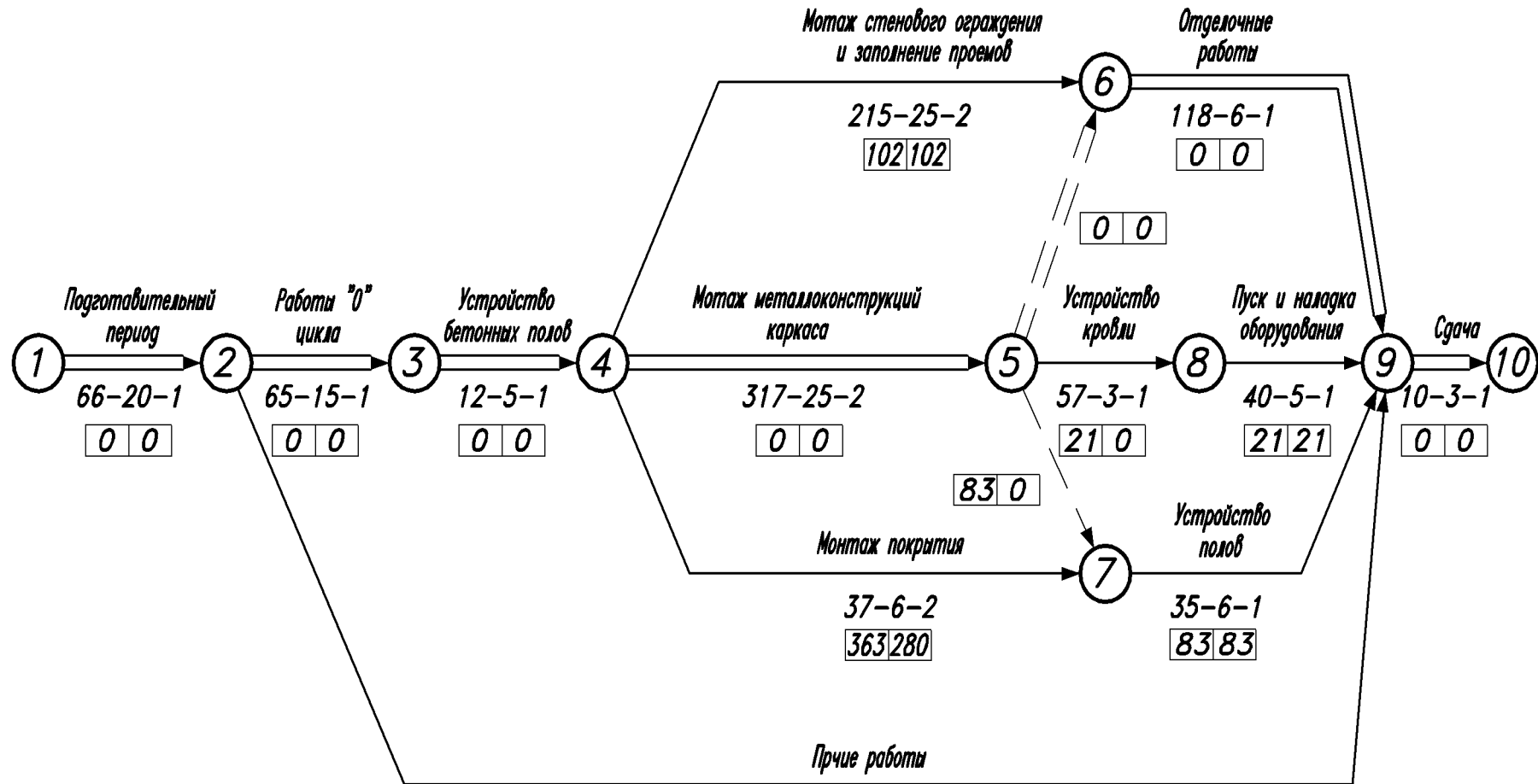


Рисунок 4.1 - Комплексний укрупнений сітьовий графік

4.2 Розрахунок часових параметрів комплексного укрупненого сітьового графіка табличним методом

Розрахунок графіка виконується в таблиці строго визначеної форми (табл. 4.2) поетапно [30].

Перший етап. У таблицю вносяться вихідні дані по кожній роботі: коди робіт, тривалість і кількість виконавців (графи 1-4).

Індекс, що розраховується комплексний укрупнений сітьовий графік (КУСГ) на реконструкцію цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя. представлено на рис. 4.1.

Графа 2 - коди робіт, заповнюється з урахуванням наступного правила: спочатку записуються всі роботи, що виходять з вихідної події в порядку зростання номерів другої частини коду, потім всі роботи, що виходять з другого події також в порядку зростання номерів другої частини коду. Порядок заповнення таблиці для всіх інших робіт мережевого графіка аналогічний.

Другий етап. Після того, як в таблицю вносяться всі вихідні дані, приступаємо до розрахунку ранніх термінів початку і закінчення робіт.

Графи 5 і 6 таблиці для кожної роботи заповнюються через підрядник зверху вниз.

Спочатку розраховуються ранні терміни початку для робіт, що виходять з першої події, приймаючи при цьому ранній початок (графа 5) рівним нулю, так як початковий момент не заданий ($T_0 = 0$), тобто $T_0 = 0$.

Раннє закінчення цих робіт (графа 6) визначається за формулами (2.2 і 2.3). Ранній термін початку наступних робіт визначається за формулою (2.1). Додаючи до раннього терміну початку робіт їх тривалість отримуємо ранні терміни закінчення цих робіт.

Аналогічним чином визначаємо ранні параметри для всіх робіт мережевого графіка. Переглядаючи графу 6, визначаємо в ній максимальне

значення завершальних робіт (max). Найбільше значення з усіх ранніх строків закінчення завершальних робіт є не що інше, як критичний шлях.

Третій етап. Розраховуємо пізні терміни початку і закінчення робіт. Розрахунок ведемо від завершального до вихідного події мережного графіка. Графи 7 і 8 таблиці для кожної роботи заповнюються знизу вгору через підрядник, причому спочатку записуються значення в графі 8, а потім в графі 7.

Для всіх завершальних робіт в графі 8 записується значення тривалості критичного шляху. Пізній термін початку завершальних робіт визначають за формулами (2.8) і (2.9).

Для інших робіт мережевого графік також спочатку визначається пізніше закінчення, а потім пізній початок за формулами (2.5) і (2.8). Графи 7 і 8 заповнюються таким чином: за кодом кінцевого події (j) даної роботи знаходяться і визначаються наступні роботи (j-k). Для них розглядаються пізні початку робіт (графа 7), де:

$$t_{i-j}^{nn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}. \quad (4.1)$$

Мінімальне значення з пізніх почав всіх наступних робіт записується в графу 8.

Четвертий етап. Розраховуються повні (загальні) резерви часу робіт R_{ij} за формулою (2.10), тобто повний резерв часу робіт дорівнює різниці між однойменними пізніми і ранніми параметрами робіт. Графу 9 таблиці можна заповнювати в будь-якій послідовності.

П'ятий етап. Розраховуються приватні (вільні) резерви часу робіт за формулою (2.12) як різниця між ранніми термінами початку наступної роботи і раннім терміном закінчення даної роботи. Приватний резерв часу не може бути більше повного резерву ($r_{ij} \leq R_{ij}$).

Для завершальних робіт сітьового графіка приватний резерв часу роботи дорівнює різниці між тривалістю критичного шляху і раннім терміном закінчення даної роботи:

$$r_{i-j} = T_{кр} - t_{i-j}^{po} \quad (4.2)$$

Після закінчення розрахунку мережевого графіка перевіряється його правильність. Якщо розрахунок виконаний правильно, то [30, 32-34]:

- а) критичний шлях повинен являти собою безперервну послідовність робіт від вихідного події до завершального;
- б) загальні і приватні резерви робіт критичного шляху завжди дорівнюють нулю;
- в) приватні резерви безлічі робіт не більше загальних.

Табличний метод розрахунку часових параметрів мережевих моделей має ряд переваг в порівнянні, наприклад з розрахунком графічним способом. Головним достоїнством даного методу є можливість використання для розрахунків комп'ютерних технологій. Таким чином можна значно знизити витрати праці і часу пов'язані з обчисленням часових параметрів мережевих графіків. Особливо добре це твердження можна спостерігати при розрахунку мережевих графіків з великим числом робіт. Крім того, за допомогою використання обчислювальної техніки, представляється можливим автоматично отримувати не тільки дані, які розшуковуються, а й необхідні графічні матеріали. Наявність і кількість таких залежить від використовуваного для обчислень програмного продукту.

У даній роботі розрахунок часових параметрів комплексного укрупненого сітьового графіка на реконструкцію цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя, виконаний з використанням програмного комплексу розробленого кафедрою промислового та цивільного будівництва ІННІ ЗНУ. Це стало можливо завдяки спеціальному макросу для Microsoft Excel, що дозволяє в даному додатку Windows в автоматичному режимі отримати шукані параметри. В даному випадку форма таблиці результатів розрахунку і вихідні дані аналогічні ручному способу розрахунку. Також з використанням даного макросу автоматично будується графік руху робочих (рис. 4.2).

Таблица 4.2 - Результаты расчета тимчасових параметрів КУСГ табличним методом

Номер работы	Начало работы	Конец работы	Ресурс	Продолжительность	Раннее начало	Раннее окончание	Позднее начало	Позднее окончание	Общий резерв, R	Частный резерв	Критический путь
1	1	2	20	66	0	66	0	66	0	0	*
2	2	3	15	65	66	131	66	131	0	0	*
3	2	9	0	0	66	66	578	578	512	512	
4	3	4	5	12	131	143	131	143	0	0	*
5	4	5	25	317	143	460	143	460	0	0	*
6	4	6	25	215	143	358	245	460	102	102	
7	4	7	6	37	143	180	506	543	363	280	
8	5	6	0	0	460	460	460	460	0	0	*
9	5	7	0	0	460	460	543	543	83	0	
10	5	8	3	57	460	517	481	538	21	0	
11	6	9	6	118	460	578	460	578	0	0	*
12	7	9	6	35	460	495	543	578	83	83	
13	8	9	5	40	517	557	538	578	21	21	
14	9	10	3	10	578	588	578	588	0	0	*

Трудоемкость проекта	17196	чел.-дн.
Среднее кол-во рабочих	29.24	чел.
Максимальное кол-во рабочих	56	чел.
Коэффициент использования ресурсов	1.91	-

$T_{кр.} = 588$ дней

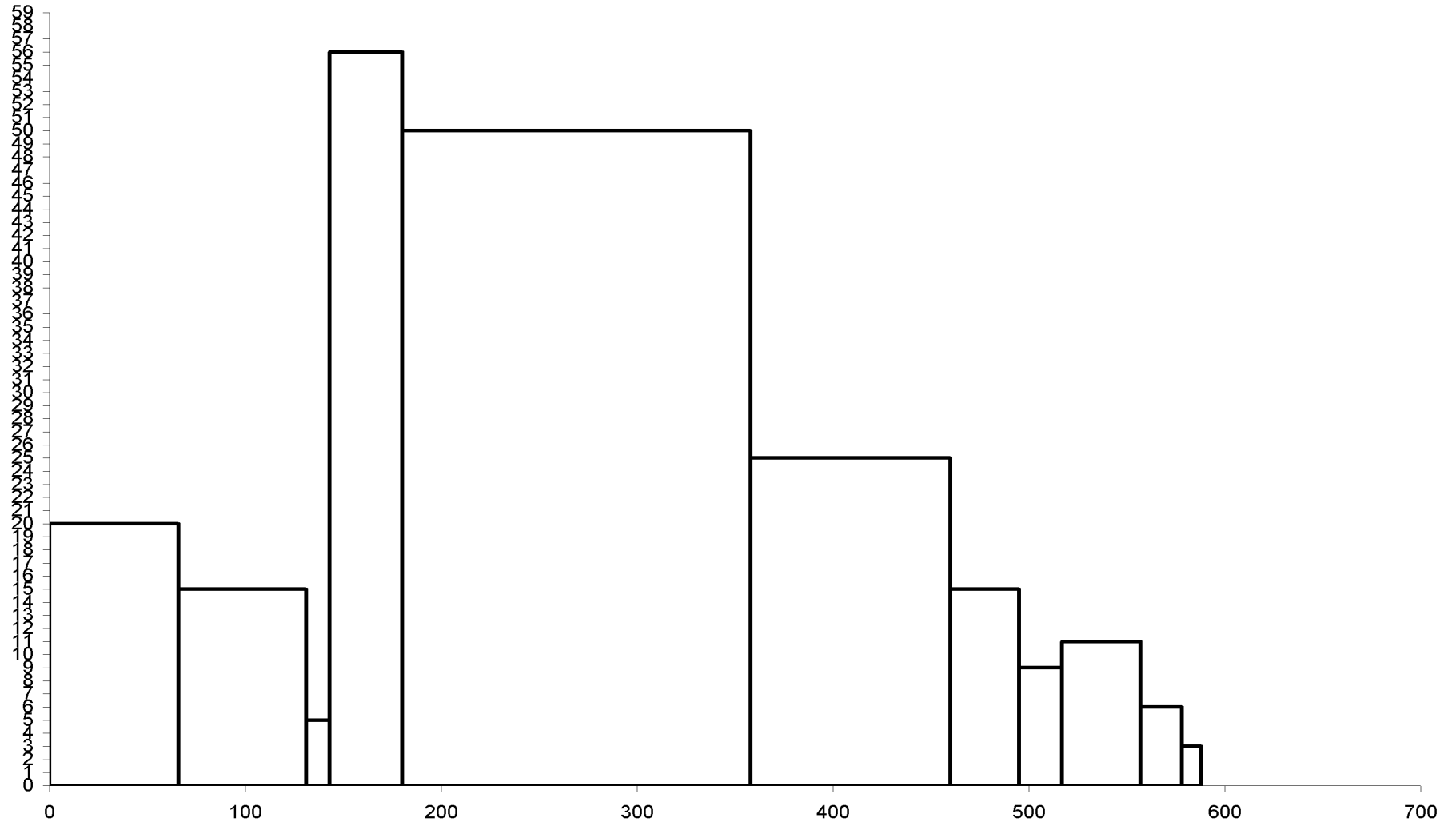


Рисунок 4.2 - Графік руху робітників КУСГу

4.3 Розрахунок комплексного укрупненого сітьового графіка при необхідності виконання будівельно-монтажних робіт у встановлений термін

Розрахунки виконані з використанням програми DNIPRO. Дана програма реалізує алгоритм Форда-Фалкерсона [32-34].

Алгоритм Форда - Фалкерсона вирішує завдання знаходження максимального потоку в транспортній мережі. Потім величина потоку ітеративно збільшується за допомогою пошуку збільшує шляху (шлях від джерела s до стоку t , уздовж якого можна послати більший потік). Процес повторюється, поки можна знайти збільшує шлях [32-34, 43].

Розрахунки зроблені на реконструкцію цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» в м. Запоріжжя.. Вихідні дані для розрахунку представлені в таблиці 4.3, результати розрахунку наведені в таблиці 4.4.

Структурна схема програми DNIPRO показана на рис. 4.3 - 4.6.

Даний розрахунок відображає початкові результати, спрямовані на вироблення рішень для обґрунтування реконструкції цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт» на стадії проекту організації будівництва(ПОБ). Він реалізований на основі розробленого комплексного укрупненого сітьового графіка (КУСГ). Інформація про виконання робіт встановлена на основі розрахованої проектно-кошторисної документації.

Значення цільової функції прямого завдання :

$$L(x) = \sum C_{ij}x_{ij} = 2197 \text{ чол.- днів.}$$

Сумарне залучення виконавців в оптимальному рішенні:

$$\sum n_{ij} = \sum CD - \sum Cx = 2438 - 2197 = 241 \text{ чол.-днів.}$$

Сумарне залучення виконавців при традиційному методі ухвалення рішень :

$$\sum n_{ij} = \sum CD - \sum Cd = 2438 - 2032 = 406 \text{ чол.-днів.}$$

Таблиця 4.3 - Вихідні дані для вироблення оптимальних рішень

№ п/п	Код роботи	d_{ij}	D_{ij}	C_{ij}
1	1-2	54	73	3
2	2-3	59	70	2
3	2-9	1	2	4
4	3-4	8	16	2
5	4-5	302	333	2
6	4-6	195	230	3
7	4-7	32	43	1
8	5-6	1	2	4
9	5-7	1	2	4
10	5-8	51	63	2
11	6-9	106	130	3
12	7-9	31	40	1
13	8-9	36	44	1
14	9-10	8	12	2

Для виконання будівництва в заданий термін $T_3=538$ днів слід вибрати режими виробництва, які зажадали б залучення додаткових ресурсів чол.-днів - 100%. Завдяки рішенню задачі на оптимум необхідно додатково використати додаткових ресурсів тільки на 59% в порівнянні з традиційними методами планування.

На основі економічного аналізу визначимо значення цільової функції подвійного завдання :

$$Z(f) = 538 \cdot 4 + 959 - 914 = 2197 = L(x).$$

Сумнівів в розрахунках бути не може, оскільки $Z(f) = L(x)$.

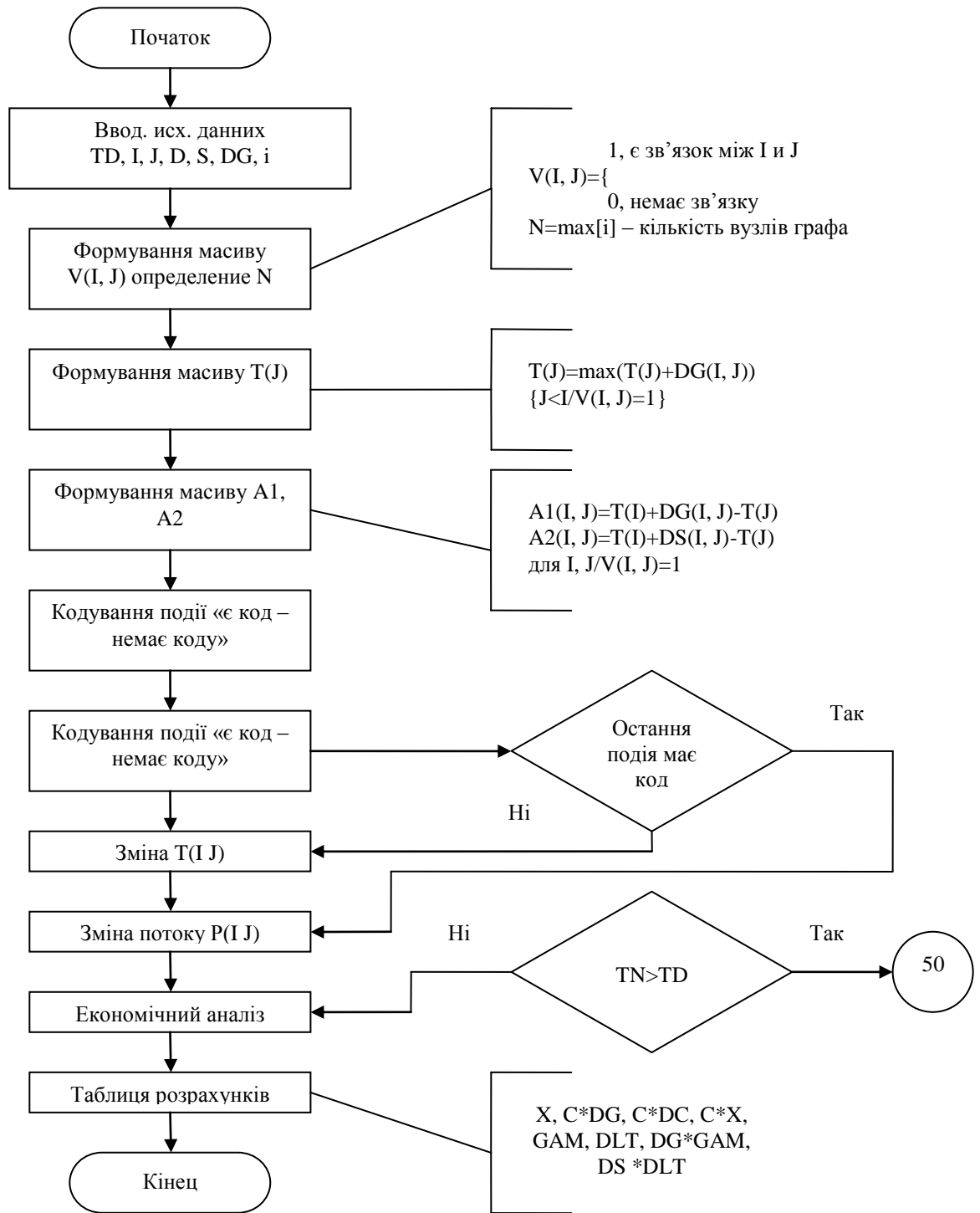


Рисунок 4.3 - Структурна схема програми DNIPRO

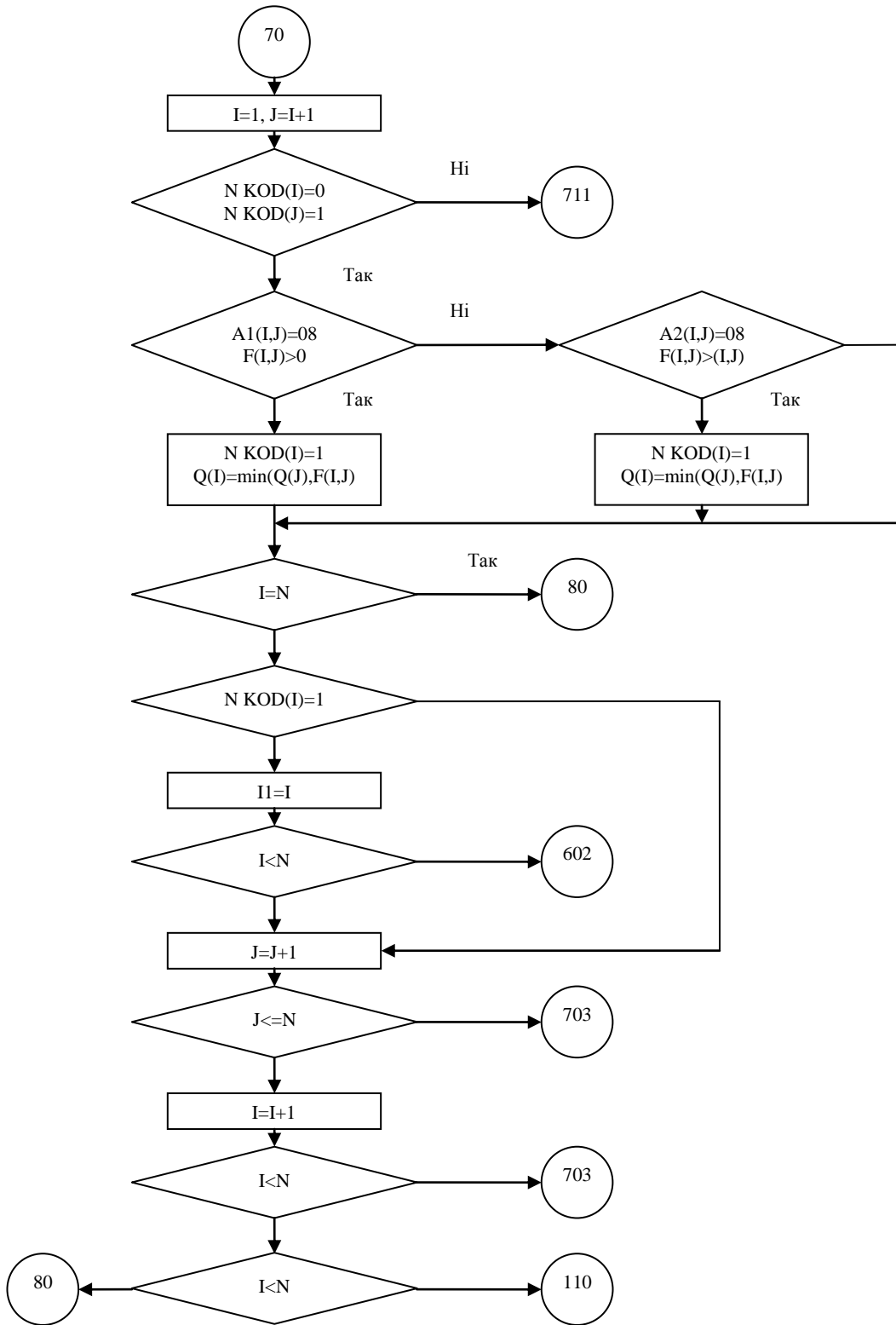


Рисунок 4.4 - Структурна схема блоку 70. Кодування події «Є код – немає коду»

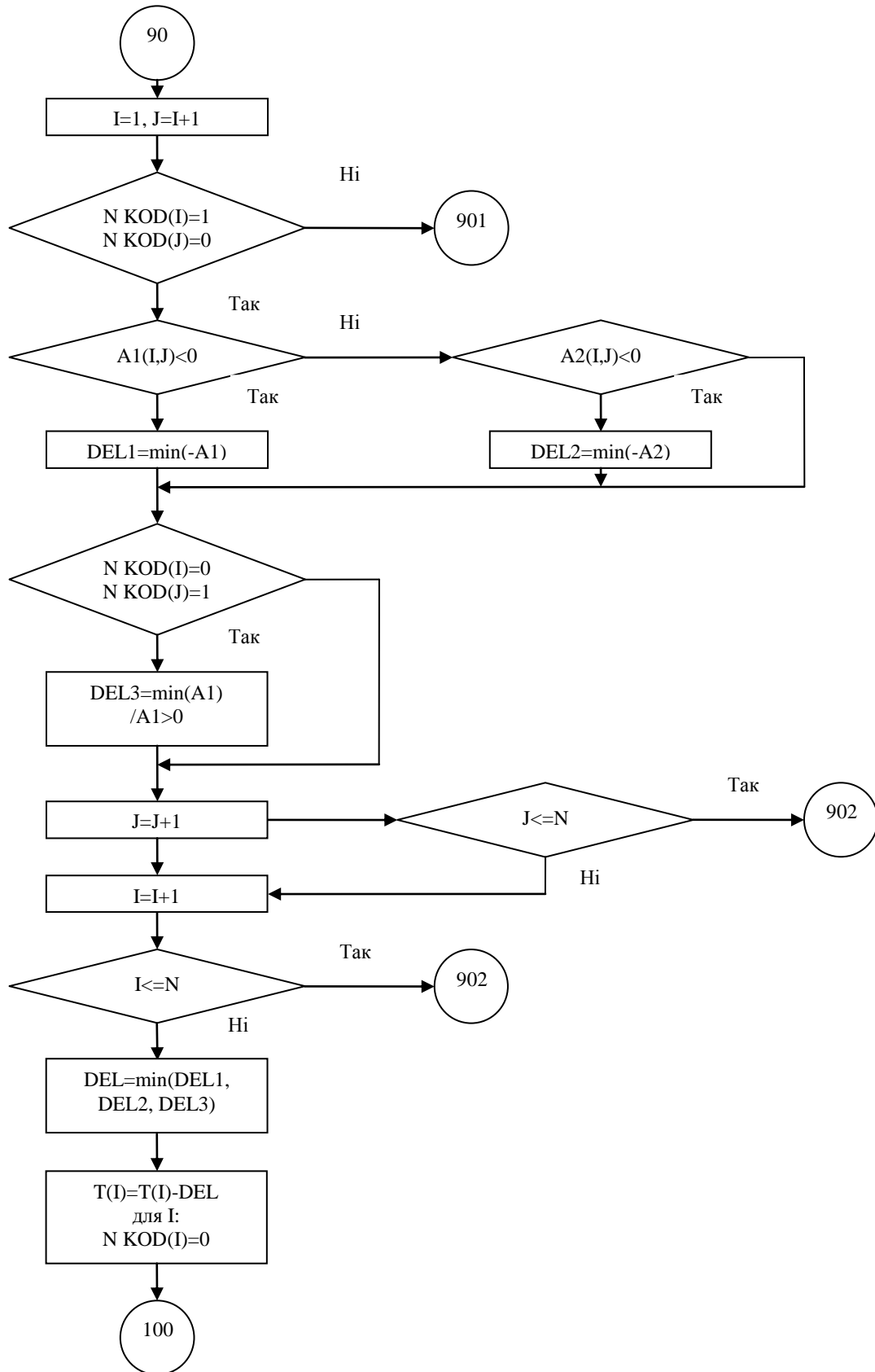


Рисунок 4.5 - Структурна схема блоку 90. Зміни T(I, J)

Таблица 4.4 – Розрахунок прийняття оптимальних рішень (програма DNIPRO)

N	нач.-кон.	T(i)	T(j)	d _{ij}	X _{ij}	D _{ij}	C _{ij}	f _{ij}	C*d	C*X	C*D	GAM	DLT	DGAM	DDLT
1	1-2	0	54	54	54	73	3	4	162	162	219	0	1	0	54
2	2-3	54	113	59	59	70	2	4	118	118	140	0	2	0	118
3	2-9	54	530	1	2	2	4	0	4	8	8	4	0	8	0
4	3-4	113	121	8	8	16	2	4	16	16	32	0	2	0	16
5	4-5	121	423	302	302	333	2	4	604	604	666	0	2	0	604
6	4-6	121	424	195	230	230	3	0	585	690	690	3	0	690	0
7	4-7	121	425	32	43	43	1	0	32	43	43	1	0	43	0
8	5-6	423	424	1	1	2	4	4	4	4	8	0	0	0	0
9	5-7	423	425	1	2	2	4	0	4	8	8	4	0	8	0
10	5-8	423	486	51	63	63	2	0	102	126	126	2	0	126	0
11	6-9	424	530	106	106	130	3	4	318	318	390	0	1	0	106
12	7-9	425	530	31	40	40	1	0	31	40	40	1	0	40	0
13	8-9	486	530	36	44	44	1	0	36	44	44	1	0	44	0
14	9-10	530	538	8	8	12	2	4	16	16	24	0	2	0	16

Итого:

2032 2197 2438

959 914

Время выполнения проекта: 538

T(D) = 636

T(d) = 538

$$n_1 = C_{ij} * D_{ij} - C_{ij} * X_{ij} = 2438 - 2197 = 241$$

$$n_2 = C_{ij} * D_{ij} - C_{ij} * d_{ij} = 2438 - 2032 = 406$$

$$n_1/n_2 * 100\% = 59\%$$

$$L(x) = 2197$$

$$Z(f) = 538 * 4 + 959 - 914 = 2197$$

4.4 Розрахунок комплексного укрупненого сітьового графіка з урахуванням ризику і невизначеності

У даній роботі розглянутий вище метод застосовується для оцінки ризику при реконструкції цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт». Необхідно змоделювати процес виконання проекту (рис. 4.1) і встановити ймовірність виконання його в строк, розрахувати за оптимістичними і найбільш імовірним параметрам.

У комплексному укрупненому сітьовому графіку, визначені тимчасові оцінки, які приведені до заданого терміну, встановленого дирекцією заводу на основі реальної обстановки, економічного стану підприємства, наявних можливостей ресурсних, фінансових, ринкових, комерційних, технічних, соціальних та ін.

Розрахунок укрупненої сітьової моделі (рис. 4.1) при заданих значеннях дозволяє встановити теоретичні і статистичні тривалості проекту.

В результаті роботи алгоритму статистичного моделювання (програма MONTE) [32-34] за наявними параметрами (табл. 4.5) отримано результат, який представлений в таблиці 4.6.

Згідно можливостям реалізації випадкової величини T (частоти f_1 в табл. 4.5) в розрізі інтервалів будуємо гістограму розподілу T (рис. 4.6, а), графік статистичної функції розподілу ймовірностей $P(T)$ (рис. 4.6, б), і графік щільності нормального розподілу T (рис. 4.6, в).

В першу чергу визначаємо на основі таблиці 4.6 середнє значення випадкової величини - терміну реалізації КУСГа на реконструкцію цеху механічної обробки заводу «Укрграфіт»:

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i n_i}{N_1} = \frac{555.5 \cdot 2 + 560.5 \cdot 11 + 565 \cdot 15 + \dots + 589.5 \cdot 15 + 594.5 \cdot 12 + 599.5 \cdot 3}{200} = 576.85 \text{ дн.}$$

Таблиця 4.5 - Вихідні данні для статистичного моделювання

Код Початку робіт	Код закінчення робіт	min тривалість робіт	max тривалість робіт	Вірогідність появи робіт
1	2	54	73	1.0000000000E+00
2	3	59	70	1.0000000000E+00
2	9	1	2	1.0000000000E+00
3	4	8	16	1.0000000000E+00
4	5	302	333	1.0000000000E+00
4	6	195	230	1.0000000000E+00
4	7	32	43	1.0000000000E+00
5	6	1	2	1.0000000000E+00
5	7	1	2	1.0000000000E+00
5	8	51	63	1.0000000000E+00
6	9	106	130	1.0000000000E+00
7	9	31	40	1.0000000000E+00
8	9	36	44	1.0000000000E+00
9	10	8	12	1.0000000000E+00

Таблиця 4.6 - Результати статистичних випробувань моделі

Теоретичне $L_{min} = 5.3800000000E + 02$ $L_{max} = 6.3600000000E + 02$

Номер інтервалу	Ліва границя	Права границя	Кількість реалізацій	Частота f1	Частота f2
1	5.38E+02	5.43E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
2	5.43E+02	5.48E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
3	5.48E+02	5.53E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
4	5.53E+02	5.58E+02	2	1.0E-02	2.0E-03
5	5.58E+02	5.63E+02	11	5.5E-02	1.1E-02
6	5.63E+02	5.67E+02	15	7.35E-02	1.5E-02
7	5.67E+02	5.72E+02	34	1.7E-01	3.5E-02
8	5.72E+02	5.77E+02	46	2.3E-01	4.7E-02
9	5.77E+02	5.82E+02	37	1.9E-01	3.8E-02
10	5.82E+02	5.87E+02	25	1.3E-01	2.6E-02
11	5.87E+02	5.92E+02	15	7.5E-02	2.4E-02
12	5.92E+02	5.97E+02	12	6.0E-02	1.5E-02
13	5.97E+02	6.02E+02	3	1.5E-02	1.2E-02
14	6.02E+02	6.07E+02	0	0.0E+00	3.1E-03
15	6.07E+02	6.11E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
16	6.11E+02	6.16E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
17	6.16E+02	6.21E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
18	6.21E+02	6.26E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
19	6.26E+02	6.31E+02	0	0.0E+00	0.0E+00
20	6.31E+02	6.36E+02	0	0.0E+00	0.0E+00

статистичне $minL = 5.5459225410E+02$ $maxL = 5.9992511313E+02$

Дисперсія випадкової величини T :

$$D(T) = \frac{\sum(T_i - \bar{T})^2 \cdot n_{ij}}{N_1} = \frac{(555.5 - 576,85) \cdot 2 + \dots + (599.5 - 576,85) \cdot 3}{200} = 87.25$$

де n_{ij} – число реалізацій $T_{кр.}$, потрапивши в інтервал T_i ,

Дисперсія характеризує відхилення дійсних результатів від очікуваних і є мірою розкиду.

Математичне сподівання випадкової величини визначимо за формулою:

$$T_{мо} = \sum P(T) \cdot T_i = 555.5 \cdot 0.01 + 560.5 \cdot 0.055 + \dots + 594.5 \cdot 0.06 + 599.5 \cdot 0.015 = 582.67 \text{ дн.}$$

Как бачимо з розрахунку $\bar{T} \cong T_{мо}$.

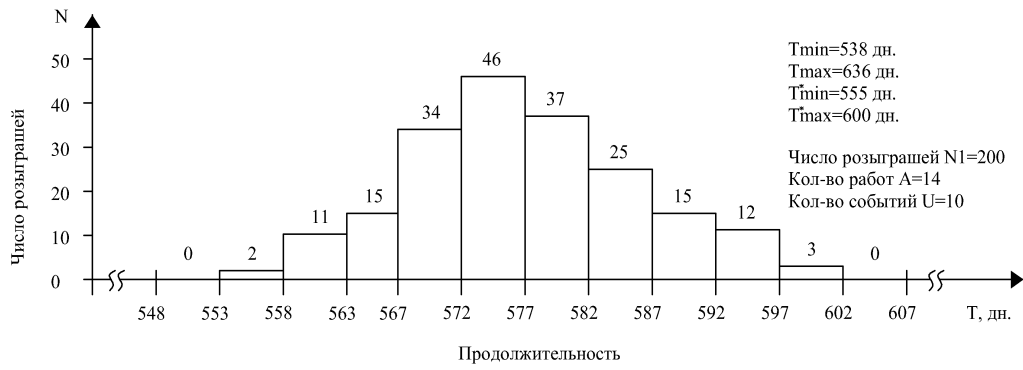
Середнє квадратичне відхилення випадкової величини від її середнього значення:

$$\sigma = \sqrt{D(T)} = \sqrt{87.25} = 9.34.$$

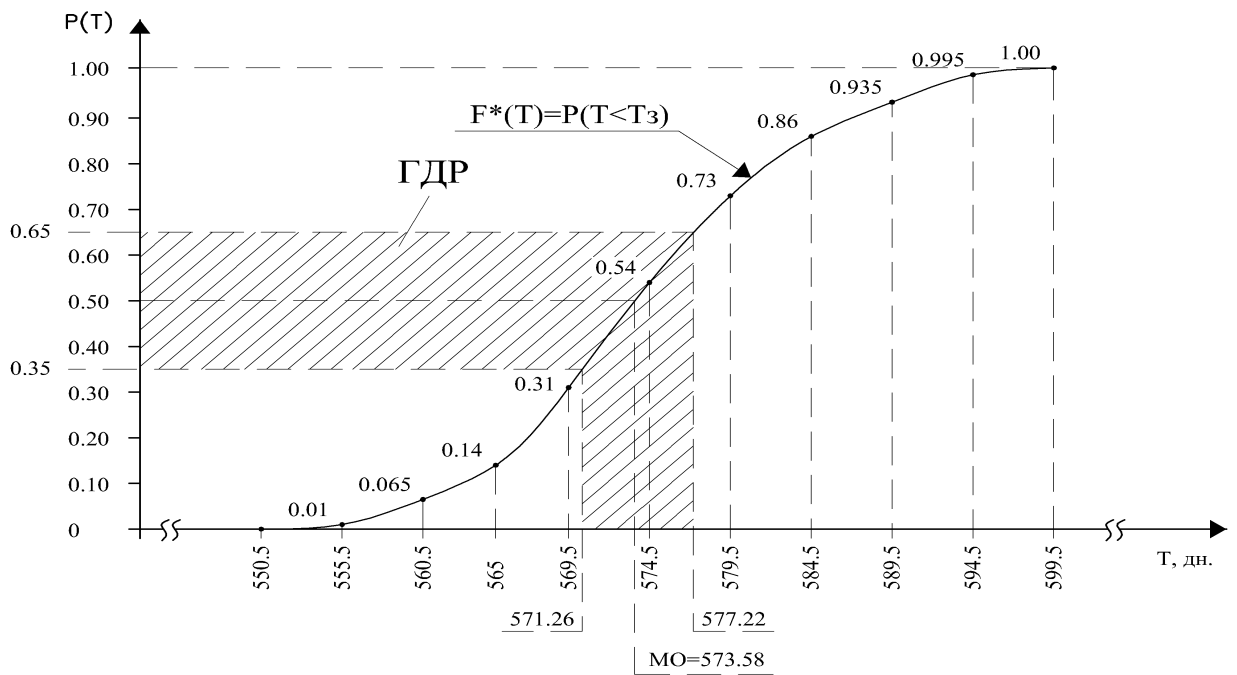
Отже, виходячи з отриманих результатів, можна зробити однозначний висновок: встановлений термін виконання проекту $T_z = 538$ дн., Не може бути виконаний. Отже, рішення слід переглянути.

Економічна ефективність інновації полягає в загальному випадку в оптимізації використання капіталу, в ефективному формуванні резервних фондів.

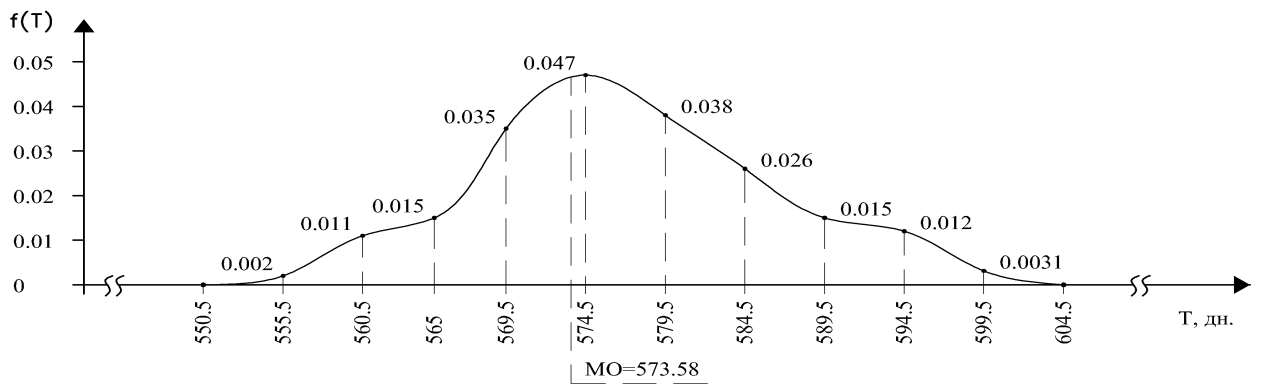
Неповнота і неточність інформації в умовах реалізації проекту можуть привести до виникнення окремих ситуацій і наслідків. Щоб запобігти цьому, необхідно включити в життєвий цикл проекту оцінку ризику і невизначеності. Розроблена спеціальна методика [30] дозволяє враховувати фактори ризику та невизначеності, змодельовати процес реалізації проекту, оцінити наслідки виникнення несприятливих ситуацій, вибрати методи зниження їх впливу, простежити за фактичними параметрами проекту в ході його здійснення і скорегувати їх відповідно потрібного напрямку.



а) Гістограма розподілу T



б) Графік статистичної функції розподілу T



в) Графік щільності нормального розподілу T

Рисунок 4.6 – Визначення організаційно-технологічної надійності

Програма MONTE передбачає два варіанти рішень: без урахування стохастичних робіт і з їх урахуванням. Результати розрахунків підтверджують працездатність даної методики оптимізації управління складними проектами в умовах ризику, яка може служити хорошим доповненням для обґрунтування прийняття рішень керівниками різного рівня.

Описана імітаційна модель реалізації складних проектів [30] дозволяє не тільки оцінювати (аналізувати), але і формувати (синтезувати) при заданому рівні надійності оптимальні за обраним критерієм організаційно-технологічні рішення, зокрема, календарні плани.

Як показала практика виробництва, дія численних випадкових факторів, що мають місце при виконанні складного проекту, може призводити не тільки до появи розкиду окремих робіт комплексу, але і до зміни топології вихідної мережі (в межах досить великих допусків, дозволених технологією). У процесі оперативного управління системою при наявності випадкових факторів структура мережевий моделі може зазнавати значних змін, а отже, оцінка організаційно-технологічної надійності і ряду інших показників досліджуваної системи, а також вибір її параметрів повинні бути безпосередньо пов'язані з дослідженням процесу її функціонування. Тому потребує вирішення спільне завдання, яка може бути сформульована як задача розподілу обмежених ресурсів на безлічі технологічно допустимих варіантів організації виробництва.

Доведено обґрунтованість ОТН і встановлена межа допустимого ризику (МДР) на основі реалізації статистичного моделювання КУСГа і використання програми MONTE. Запропонована статистична функція $F^*(T)$ зручна і проста у використанні. Автоматизація обчислювальних процесів дозволяє в діалоговому (інтерактивному) режимі приймати рішення, давати їм оцінку і оперативно їх переглядати. [30, 32-34]

ВИСНОВКИ

1. Якість проектних рішень, що приймаються, в управлінні і організації будівельного виробництва безпосередньо залежить від кількості достовірної інформації якої розташовує особа приймаюче рішення.

2. Для чіткого функціонування будівельної організації (системи) керівник повинен виконувати серію правильних виборів з декількох альтернативних можливостей. Вибір однієї з альтернатив - це і є рішення. Таким чином, ухвалення рішення - це вибір того, як і що планувати, організувати, мотивувати, контролювати.

3. Уміння виробити оптимальні планові рішення, реалізувати їх, враховуючи взаємозв'язку і взаємозалежності, вимагає професійних знань управління, менеджменту і деяких стандартів, а також використання сучасної обчислювальної техніки.

4. Більшість завдань організації, планування і управління будівельного виробництва є екстремальними. Екстремальне рішення є оптимальним. Вибір рішення у вигляді конкретного варіанту дій необхідно здійснювати на основі кількісної оцінки міри досягнення мети. Ознака, по якій порівнюють і оцінюють варіанти, називається критерієм оптимальності. Якщо процес вибору рішень описати функцією, шукані змінні якої допустимі і описують рух до мети, то таку функцію називають цільовою, а рішення - оптимальним. Поняття оптимуму відповідає такому значенню змінних величин завдання, при якому досягається екстремум функції, т. е. максимальне або мінімальне значення цільової функції. Таким чином, встановити оптимальне рішення - це означає визначити екстремум цільової функції, і усі розмови про більш-менш оптимальне рішення не мають сенсу, оскільки існує екстремальне, т. е. оптимальне рішення, або його немає взагалі.

5. У управлінні і організації будівельного виробництва основою для вироблення оптимальних рішень може служити мережеве моделювання. Цей підхід дуже ефективний, оскільки мережеві моделі чітко відображають порядок виконання будівельно-монтажних робіт, а також розподіл ресурсів в часі. Крім того, такі моделі дозволяють формалізувати розрахунки для передачі їх на ЕОМ.

6. У практичній роботі, а також в наукових дослідженнях часто доводиться стикатися з проблемою вироблення оптимальних рішень при будівництві об'єктів у встановлений термін. В даному випадку можна поставити мету - мінімізувати залучення ресурсів для виконання будівельно-монтажних робіт в заданий термін. Усі необхідні для цього розрахунки можна виконати за допомогою використання програми DNIPRO, яка реалізує алгоритм Форда-Фалкерсона на основі мережевої моделі. При такому підході можна автоматично отримати дані, що характеризують необхідний режим виконання будівельно-монтажних робіт для виконання поставленої мети, уникнувши трудомістких розрахунків.

7. Практичні завдання управління проектами носять багатоваріантний характер, можливі варіанти управлінських рішень залежать від великої кількості чинників, які викликають появу ризику, тому використовувана в практиці модель управління реалізацією проекту повинна враховувати чинники ризику. Програма MONTE в результаті роботи алгоритму статистичного моделювання дозволяє виконати розіграш мережевої моделі, для того, щоб встановити теоретичну і статистичну тривалість реалізації проекту. За отриманими даними можна встановити межі допустимого ризику і оцінити можливість реалізації проекту у встановлений термін, з урахуванням умов ризику і невизначеності.

8. Застосування розглянутих в роботі методик по вибору оптимальних рішень в складних проектах, пов'язаних з проблемою обґрунтування термінів їх реалізації на стадії проектування, показало свою ефективність в управлінні і організації будівельного виробництва. Як видно,

використання для розрахунків комп'ютерних технологій дуже перспективно, оскільки дозволяє значно понизити трудомісткість обчислювального процесу, а також в діалоговому (інтерактивному) режимі приймати рішення, давати їм оцінку і оперативно їх переглядати. У нашій країні потрібне інтенсивніше впровадження обчислювальної техніки, для управління і організації будівельного виробництва, чим це відбувається зараз. У цих цілях можна використати досвід розвиненіших країн, де вирішенню цієї проблеми приділяється більша увага.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов Л.И., Манаенкова Э.А. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией: Учеб. для вузов. Москва: Стройиздат, 1990. 400 с.
2. Абрамов С.И. Организация инвестиционно-строительной деятельности. Москва. Центр экономики и маркетинга, 1999. 240 с.
3. Авдеев Ю.А. Выработка и анализ плановых решений в сложных проектах (опыт разработки АСУ в строительстве). Москва. Экономика, 1971. 96 с.
4. Антанавичюс К.А. Многоуровневое стохастическое моделирование отраслевых плановых решений. Вильнюс: Москлис, 1977. 450 с.
5. Антанавичюс К.А., Бивайнис Ю.П. Современная технология управления строительным производством. Москва: Стройиздат, 1990. 224 с.
6. Бушуев С.Д., Михайлов В.С. Разработка алгоритмов управления строительством. Киев. Будівельник, 1980. 137 с.
7. Бирман И. Я. Оптимальное программирование. Москва: Экономика, 1968. 232 с.
8. Вентцель Е. С. Исследование операций. Москва: Сов. радио, 1972. 552 с.
9. Глимаков В.Д. Стохастическое и имитационное моделирование: Учеб. пос. Москва. МИЭМ, 1989. 82 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пос. для вузов. 9–е изд. стер. Москва: Высш. шк., 2003. 479 с.
11. Голенко Д.И. Статистические методы сетевого планирования и управления. Москва.: Наука, 1968. 400 с.
12. Гусаков А.А. Организационно–технологическая надежность строительного производства. Москва.: Стройиздат, 1974 252 с.
13. Голенко Д.И. Статистические модели в управлении производством. Москва.: Статистика, 1973. 368 с.

14. Дикман Л.Г. Организация строительного производства/Учебник для строительных вузов. М.осква: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 608 с.
15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві: Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Київ. 2012. 94с. (Національні стандарти України).
- 16.ДБН В 1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинні з 2016-31-10]. Київ. 2017. 39с. (Національний стандарт України).
- 17.ДСТУ В.А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів.. [Чинний від 2014–01–01]. Київ. 2014. 34 с. (Національні стандарти України).
- 18.ДБН А.3.1-5-2016 Управління, організація і технологія. : Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ. 2016. 51 с. (Національні стандарти України).
19. Залунин В. Ф. Стратегия и тактика строительной фирмы в условиях рынка. Днепропетровск: Придніпровський науковий вісник, 1998. 170 с.
20. Залунин В. Ф., Тянь Р. Б. Методы анализа физической реализуемости проекта. Днепропетровск, 1997. 56 с.
21. Залунин В. Ф., Тянь Р. Б. Планирование деятельности предприятия. Днепропетровск: Придніпровський науковий вісник, 1998. 176 с.
22. Залунин В. Ф., Тянь Р. Б. Проблемы управления строительством в условиях рынка. Днепропетровск, 1996. 36 с.
23. Залунин В. Ф., Тянь Р. Б. Экономическая и финансовая реализуемость проектов. Днепропетровск, 1998. 40 с.
- 24.Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2001. 336с.
- 25.Карапузов Є.К. Соха В.Г., Остапченко Т.Є Матеріали і технології в сучасному будівництві -Київ.: Вища освіта, 2004.416 с.:

26. Керування проектами та системотехніка в будівництві: навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" спеціалізації "Промислове та цивільне будівництво" ден. та заоч. форм навчання / І. Д. Павлов, І. А. Арутюнян, М. О. Полтавець; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 153 с.
27. Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: Учеб. пособие для студентов строит. спец. Днепропетровск.: Пороги, 2005. 309 с
28. Менейлюка А.И. Современные технологии в строительстве: учебник для студ. высш. учеб. заведен. Київ: Освіта України, 2010. 549 с.
29. Наукові основи розвитку будівельної галузі України монографія / В. А. Банах, І. Д. Павлов, А. В. Радкевич та ін. ; ред. І. А. Арутюнян ; ЗДІА. Каф. ПЦБ. Каф. МБГ. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 460 с.
30. Оптимізація управлінських рішень в будівництві: навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 7.06010101 та 8.06010101 "ПЦБ" ден. та заоч. форм навчання / І. Д. Павлов, М. Д. Терех, М. О. Полтавець ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. - 73 с.
31. Организация строительства./ за ред. С.А. Ушацького. Підручник. Київ.: Кондор, 2007. 521 с.
32. Павлов І.Д. Оптимальні моделі організації будівельного виробництва : навч. посібник. М-во освіти України. Ін-т систем. досліджень освіти. ЗП. Київ. : ІСДО, 1993. 219 с.
33. Павлов І.Д., Радкевич А.В. Оптимальні моделі організації будівельного виробництва : Для студ. ЗДІА : навч. посібник.; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2003. 170 с.
34. Павлов И. Д. Модели управления проектами: Учеб. пос. Запорожье: ЗГИА, 1999. – 316 с.
35. Пономаренко Л. А. Комп'ютерні технології управління інноваційними проектами. Київ. : Київ. нац. торговельно-економ. ун-т, 2001. 423 с.

36. Поколенко В. О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами/В.О. Поколенко. // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». Вип. 9. 2001. – С. 44–51.
37. Поколенко В. О. Втілення інноваційної моделі управління інвестиціями в структурі інвестиційно-будівельної корпорації. / В. О. Поколенко, А. В. Безуха, А. В. Шпаков // Будівельні матеріали та вироби. 2003. № 3. С. 13–19.
38. Поколенко В. О. Проблеми впровадження та економічної діагностики інновацій в будівельному комплексі України. / В. О. Поколенко, А. В. Шпаков, С. В. Федоренко // Будівництво України. 2003. № 2. С. 23–26.
39. Спектор М.Д. Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства. Москва: Стройиздат, 1980. 159с.
40. Селектоновація управлінських рішень у будівництві : монографія / І. Д. Павлов, Ф. І. Павлов, М. О. Каплуновська ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. - 211 с.
41. Ушацкий С.А. Применение экономико-математических методов в управлении строительным производством. Киев: Вища школа. 1979. 40с.
42. Филипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей: Пер. с англ. Москва: Мир, 1984. 490 с.
43. Форд Л. А., Фалкерсон Д. Поток в сетях: Пер. с англ. Москва: Мир, 1966. 276 с.