

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво  
(повна назва)

## Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр  
(рівень вищої освіти)

на тему: Удосконалення будівельного виробництва на  
підрунті галузі знань логістика

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1921  
– пцб-3

Довжик Валерія Сергіївна  
(прізвище та ініціали)

Спеціальність  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма  
«Промислове і цивільне будівництво»  
(шифр і назва)

Керівник доц., к.т.н. Мішук К.М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Данкевич Н.О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя, 2022 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти магістерський  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код спеціальності)  
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»  
(код програми)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри *(підпис)*

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Довжик Валерія Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Удосконалення будівельного виробництва на підрунті галузі знань логістика

керівник роботи Мішук Катерина Миколаївна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом ЗНУ від «04» 06 2022 року

№ 528-с

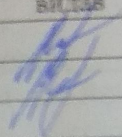
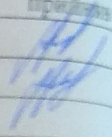
2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, наукова література в розрізі галузі будівництва

4. Зміст розрахунково-описової записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні аспекти сучасного стану організації матеріального забезпечення будівельного виробництва на засадах логістики. 2. Аспекти організації матеріального забезпечення будівництва в рамках предмету дослідження. 3. Удосконалення будівельного виробництва в розрізі його забезпечення на підрунті галузі знань логістика.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням особ'язкових креслень) 8 листів

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М.		
Розділ 2	Мішук К.М.		
Розділ 3	Мішук К.М.		

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

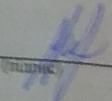
## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні аспекти сучасного стану організації матеріального забезпечення будівельного виробництва на засадах логістики.	з 01.09 по 24.10.2022	
2	Аналіз організації матеріального забезпечення будівництва в рамках предмету дослідження .	з 25.10 по 15.11.2022	
3	Удосконалення будівельного виробництва в розрізі його забезпечення на підґрунті галузі знань логістика	з 16.11 по 01.12.2022	

Студент  \_\_\_\_\_

В.С. ДОВЖИК

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  \_\_\_\_\_

К.М. Мішук

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  \_\_\_\_\_

Данкевич Н.О.

(ініціали та прізвище)



## АНОТАЦІЯ

Довжик В.С. Удосконалення будівельного виробництва на підґрунті галузі знань логістика.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2022.

В роботі проведено аналіз обставини ділової активності у сфері будівництва. Існуюча система забезпечення об'єктів будівництва має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити недостатній зв'язок із підприємствами-постачальниками (виробничо-промислова ланка), транспортними організаціями (інфраструктурна ланка) та будівельними фірмами (будівельно-монтажна ланка). Для вдосконалення цих зв'язків, в розрізі ефективної взаємодії забезпечення процесів будівництва матеріалами, виробами необхідна надійна логістична система, як основа галузі знань «Логістика».

Обґрунтовано необхідність використання науки «логістика» як інноваційного спеціалізованого інструментарію вирішення практичних завдань розвитку виробничого процесу будівництва.

Ключові слова. *Будівельне виробництво, собівартість, витрати, ефективність, математична модель, прибутковість, логістика,*

Довжик В.С., Полтавець М.О. Удосконалення будівельного виробництва на підґрунті галузі знань логістика. *Збірник наукових праць II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ».* Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2022

## ABSTRACT

Довжик В.С. Improving construction production based on the field of logistics.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2022.

The paper analyzes the circumstances of business activity in the field of construction. The existing system of provision of construction objects has significant shortcomings, among which it is necessary to note insufficient communication with supplier enterprises, transport organizations and construction firms. In order to improve these connections, in terms of effective interaction in the provision of construction processes with materials and products, a reliable logistics system is necessary, as the basis of the field of knowledge "Logistics".

The need to use the science of "logistics" as an innovative specialized toolkit for solving practical tasks in the development of the production process of construction is substantiated.

Keywords. Construction production, cost, costs, efficiency, mathematical model, profitability, logistics.

Довжик В.С., Полтавець М.О. Удосконалення будівельного виробництва на підґрунті галузі знань логістика. *Збірник наукових праць II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2022

## ЗМІСТ

	стр.
<b>Вступ.....</b>	9
<b>Розділ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЗАСАДАХ ЛОГІСТИКИ .....</b>	13
1.1 Проблеми сучасного стану організації матеріального забезпечення будівництва України.....	13
1.2 Сутність матеріального забезпечення для процесів організації будівництва.....	20
1.3 Моделі оптимізації організації матеріального забезпечення будівельного виробництва на підґрунті формування логістичної системи будівництва .....	23
<b>Розділ 2 АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА В РАМКАХ ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	29
2.1 Математичні аспекти методу рейтингового моделювання в задачах організації матеріального забезпечення будівництва.....	29
2.2 Метод аналізу ієрархій в задачах організації матеріального забезпечення будівництва .....	44
<b>Розділ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В РОЗРІЗІ ЙОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПІДҐРУНТІ ГАЛУЗІ ЗНАНЬ ЛОГІСТИКА .....</b>	54
3.1 Планування матеріального забезпечення будівельних	54

	організацій на базі управління логістичними системами із застосуванням методів рейтингового та сітьового моделювання .....	
3.2	Моделі потоків матеріального забезпечення будівельного виробництва на базі формування транспортно-логістичної системи будівельного комплексу .....	59
	Висновки.....	90
	Список використаних джерел.....	92

## ВСТУП

### **Актуальність теми магістерської роботи.**

Будівельне виробництво - взаємопов'язаний комплекс будівельних і монтажних робіт і процесів, що забезпечує розширене відтворення шляхом створення та оновлення основних власних фондів. Воно охоплює процеси, пов'язані зі зведенням нових будівель і споруд, а також розширенням, реконструкцією, технічним переозброєнням і ремонтом діючих підприємств, будівель і споруд.

Будівництво кожного об'єкта допускається здійснювати тільки на основі організаційно-технологічної документації, що включає попередньо розроблене рішення по організації будівництва і технології виконання робіт, які повинні бути прийняті в проекті організації будівництва (ПОС) і проектах виконання робіт (ППР).

Тому в складних умовах перед нами стає нагальна проблема удосконалення будівельного виробництва. Але ми розглянули та проаналізували багато наукових шкіл при Київському національному університеті будівництва та архітектури, Харківському національному університету будівництва та архітектури, Придніпровській академії будівництва та архітектури, Одеській академії будівництва та архітектури – це вищі які є передовими вузами галузі будівництва. Вони також виділяють з багатьох проблем проблему покращення забезпечення будівельного виробництва. Але забезпечення будівництва це одна з головних задач організації будівництва.

Організація будівельного виробництва - взаємопов'язана система підготовки до виконання окремих видів робіт, встановлення та забезпечення загального порядку, черговості та термінів виконання, постачання всіма видами ресурсів для забезпечення ефективності та якості виконання окремих видів робіт і будівництва об'єктів.



Організація будівельного виробництва згідно з вимогою ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» повинна забезпечувати цілеспрямованість всіх організаційних, технічних і технологічних рішень на досягнення кінцевого результату - введення в дію об'єкта з необхідною якістю і у встановлені терміни.

Виходом з складної ситуації є це застосування галузі знань логістика, застосування її принципів та підходів, концепцій та моделей, систем.

Бо логістика (англ. logistics, від грец. λογιστική - облік) може розглядатися як:

- наука про оптимальне управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками в економічних адаптивних системах із синергічними зв'язками;

- галузь функція в корпорації, завданням якої є забезпечення переміщення та зберігання продукції та сировини для забезпечення виробництва та продажу.

У найширшому сенсі логістикою називають будь-які процеси пов'язані з транспортуванням, зберіганням, виробництвом, складуванням та обробкою будь-яких предметів.

Термін «логістика» був вперше застосований у військових операціях і стосувався насамперед процесів забезпечення армійських підрозділів. Останніми роками, однак, термін набув широкого вжитку в бізнесі й тепер асоціюється саме з корпоративною лексикою.

Сучасне уявлення про логістику сильно відрізняється від оригінального. Якщо раніше термін описував фізичний рух сировини і товарів, то тепер він включає планування, закупки, транспортування та зберігання. Подальшим розвитком логістики є термін управління ланцюгом поставок, що є свідченням зростаючого розуміння компаніями важливості координації всіх функцій і бізнес процесів.

Основним об'єктом управління логістики, як господарської діяльності, є матеріальний потік, що проходить по логістичному ланцюгу, починаючи

від первинного джерела сировини через усі проміжні процеси аж до постачання готової продукції до кінцевого споживача. Об'єктами управління є також фінансові й інформаційні потоки.

Комплекс завдань системи забезпечення будівельних об'єктів необхідними матеріальними ресурсами повинен охоплювати наукове обґрунтування і розробку принципово нових або впровадження раніше розроблених методів, які дозволять прийняти рішення з комплексної багатоцільової оцінки і вибору вдалих варіантів постачальників – підприємств будіндустрії [2, 3, 6].

Аналіз проведених досліджень показав, що для завдання покращення організації системи постачання і забезпечення будівельного виробництва відповідає використання методів МАІ (метод Сааті), сітьового моделювання та алгоритм виключення дефекту (АВД). На їх основі можливо відобразити в єдиній моделі і взаємозв'язку весь комплекс варіантів виконання поставок, провести їх інформаційний опис, відповідно встановленим критеріям, здійснити пошук найбільш ефективного варіанту вибору постачальника. Особливість МАІ та сітьових методів полягає в тому, що вони ефективно застосовуються не тільки в процесі розробки системи забезпечення, але і в ході його виконання і супровідного матеріального потоку, і його постачання. Застосування теорії систем до процесу управління дозволяє вивчати організацію як єдність складових її частин (цілей, структури, завдань, технології, ресурсів), що поєднуються із зовнішнім середовищем.

**Метою написання магістерської роботи є** удосконалення будівельного виробництва в розрізі організації будівництва використовуючи аспекти галузі знань логістика та створення оптимальної моделі матеріального забезпечення використовуючи математичний апарат.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення в роботі таких **основних завдань:**

- Дослідження бази наукових шкіл для аналізу теоретико-методологічних аспектів управління та організації матеріального забезпечення будівельного виробництва;
- Значення процесів організації матеріального забезпечення для процесів будівництва;
- Аналіз організації матеріального забезпечення будівництва в рамках предмету дослідження;
- Моделювання потоків матеріального забезпечення будівельного виробництва на базі формування транспортно-логістичної системи будівельного комплексу.

**Об'єктом дослідження** є процеси організації матеріального забезпечення будівництва при сучасній ринковій трансформації.

**Предметом дослідження** є методи та моделі удосконалення процесів організації матеріального забезпечення будівництва.

**Методологія дослідження:** аналіз та оцінка літературних джерел, метод порівняння, економічна статистика, моделювання, сітьові методи планування і управління, системний аналіз, метод Сааті.

**Новизна роботи** полягає у вдосконаленні теоретико-методологічних положень і рекомендацій щодо оновлення процесів організації будівництва.

Сучасний стан вивченості теми магістерської роботи можна назвати досить глибоким, тому слугує низька аспектів питань, що розглядається у вибраному науковому дослідженні, трампліном якому стали наукові доробки вчених в області організації і технології будівельного виробництва: Арутюнян І.А, Большакова В. І., Білоконя А.І., Вечерова В. Т., Гончаренко Д. Ф., Кірноса В. М., Млодецького В. Р., Павлова І. Д., Поколенка В. О., Радкевича А. В., Тяна Р. Б., Трідіда О. М., Тугая О.А., Ушацького С. А.

**Апробація роботи.** Основні положення роботи опубліковані на спеціалізованій науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів ІННІ ЗНУ на секції «Промислове та цивільне будівництво» (2022, м. Запоріжжя).

# **1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЗАСАДАХ ЛОГІСТИКИ**

## **1.1 Проблеми сучасного стану організації матеріального забезпечення будівництва України**

З початком повномасштабного вторгнення будівництво по всій країні призупинилося — однак, на вільних та деокупованих територіях роботи почали відновлюватися ще в травні.

Станом на початок літа відновилися 40% від обсягів житлового будівництва в Києві, понад 60% — на Одещині та до 90% — у західних областях. Наразі ситуація на ринку є невизначеною. За словами девелоперів та забудовників, значно зросла собівартість будівництва й запуск нових черг відтермінується. Лунають песимістичні прогнози, що нового будівництва взагалі не буде, й це зажене галузь у глибоку кризу.

В умовах війни, а після перемоги – і в післявоєнний період, підтримка будівельної галузі як ніколи актуальна для відновлення України. Довкілля потребує програм ефективного розвитку будівельної галузі. Загальна система економіки України повинна впровадити оптимізаційну модель організаційно-технологічних рішень управління будівельними проектами власних вітчизняних організацій. Надзвичайно важливими є конструктивні ініціативи та дії Офісу Президента України, направлені на підтримку бізнесу в умовах воєнного стану, зберігаючи при цьому напрям сталого розвитку.

Тому ґрунтуючись основними поняттями такими як будівельне виробництво – це взаємопов'язаний комплекс будівельних і монтажних робіт і процесів, що забезпечує розширене відтворення шляхом створення та оновлення основних власних фондів. Воно охоплює процеси, пов'язані зі зведенням нових будівель і споруд, а також розширенням, реконструкцією,

технічним переозброєнням і ремонтом діючих підприємств, будівель і споруд.

Організація будівельного виробництва - взаємопов'язана система підготовки до виконання окремих видів робіт, встановлення та забезпечення загального порядку, черговості та термінів виконання, постачання всіма видами ресурсів для забезпечення ефективності та якості виконання окремих видів робіт і будівництва об'єктів.

Організація будівельного виробництва згідно з вимогою ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» повинна забезпечувати цілеспрямованість всіх організаційних, технічних і технологічних рішень на досягнення кінцевого результату - введення в дію об'єкта з необхідною якістю і у встановлені терміни.

Будівництво кожного об'єкта допускається здійснювати тільки на основі організаційно-технологічної документації, що включає попередньо розроблене рішення по організації будівництва і технології виконання робіт, які повинні бути прийняті в проекті організації будівництва (ПОС) і проектах виконання робіт (ППР).

ПОС розробляється на повний обсяг будівництва, передбачений проектом (робочим проектом). До складу ПОС включаються:

- календарний план будівництва, в якому визначаються терміни і черговість будівництва основних і допоміжних будівель і споруд, технологічних вузлів та етапів робіт, пускових і містобудівних комплексів з розподілом капітальних вкладень і обсягів будівельно-монтажних робіт на будівлях і спорудах та періодах будівництва;
- будівельні генеральні плани для підготовчого і основного періодів будівництва з розташуванням постійних будівель і споруд, місць розміщення тимчасових, у тому числі мобільних (інвентарних) будівель і споруд, постійних і тимчасових залізниць і автомобільних доріг та інших шляхів для транспортування устаткування, конструкцій, матеріалів і виробів; шляхів для переміщення кранів великої вантажопідйомності; інженерних

мереж, місць підключення тимчасових інженерних комунікацій (мереж) до діючих мереж із зазначенням джерел забезпечення будмайданчика електроенергією, водою, теплом; складських майданчиків; основних монтажних кранів та інших будівельних машин, механізованих установок; існуючих підлягають знесенню будівель, місць розміщення знаків закріплення розбивочних осей будівель та споруд;

- організаційно-технологічні схеми, що визначають оптимальну послідовність зведення будівель і споруд із зазначенням технологічної послідовності робіт;
- відомість обсягів основних будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт;
- відомість потреби в будівельних конструкціях, виробках, матеріалах і устаткуванні;
- графік потреби в основних будівельних машинах і транспортних засобах;
- графік потреби в кадрах будівельників по основних категоріях.

Склад і зміст ПОС можуть мінятися з урахуванням складності і специфіки об'єктів.

До складу проекту виконання робіт (ППР) на зведення будівлі, споруди або його частини (вузла) включаються:

- календарний план виконання робіт по об'єкту або комплексний сітьовий графік, в яких встановлюються послідовність і терміни виконання робіт з максимально можливим їх суміщенням;
- будівельний генеральний план із зазначенням меж будівельного майданчика і видів її огорожень; діючих і тимчасових підземних, надземних і повітряних мереж і комунікацій; постійних і тимчасових доріг; схем руху засобів транспорту і механізмів; місць установки будівельних і вантажопідійомних машин, шляхів їх пересування і зон дії; розміщення постійних, споруджуваних і тимчасових будівель і споруд; місць розміщення знаків геодезичної розбивочної основи, небезпечних зон, шляхів і засобів



підйому, що працюють на робочі яруси (поверхи); а також із зазначенням проходів у будівлі та споруди, розміщення джерел і засобів енергозабезпечення та освітлення будівельного майданчика, розміщення заземлюючих контурів; місць розташування пристроїв для видалення будівельного сміття, майданчиків і приміщень для складування матеріалів і конструкцій, майданчиків укрупнювального складання конструкцій, розташування приміщень для санітарно-побутового обслуговування будівельників, питних установок і місць відпочинку, а також зон виконання робіт підвищеної небезпеки. На просадних ґрунтах водорозбірні пункти, тимчасові споруди і механізовані установки із застосуванням мокрих процесів повинні розташовуватись на будівельному майданчику з низової за рельєфом місцевості сторони від будівель і споруд, а майданчики навколо них повинні бути сплановані з організованим швидким відведенням води;

- технологічні карти (схеми) на виконання окремих видів робіт з включенням схем операційного контролю якості, описом методів виконання робіт, зазначенням трудозатрат і потреби в матеріалах, машинах, оснастці, пристосуваннях і засобах захисту працюючих, а також послідовності демонтажних робіт при реконструкції підприємств, будівель і споруд.

- рішення по виконанню геодезичних робіт, які включають схеми розташування знаків для виконання геодезичних побудов і вимірів, а також вказівки щодо необхідної точності і технічних засобів геодезичного контролю виконання будівельно-монтажних робіт;

- рішення щодо техніки безпеки у складі, визначеному нормативною документацією;

- рішення по прокладці тимчасових мереж водо-, тепло- і енергопостачання і освітлення (в тому числі аварійного) будівельного майданчика і робочих місць з розробкою, при необхідності, робочих креслень підводки мереж від джерел живлення;

- переліки технологічного інвентарю та монтажної оснастки, а також схеми стропування вантажів;

- пояснювальна записка, яка містить:
- потреба в енергетичних ресурсах і рішення по її забезпеченню;
- заходи, спрямовані на забезпечення зберігання і виключення розкрадання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування на будівельному майданчику, в будівлях і спорудах;

Основою наукової організації будівельних процесів є технологічні карти.

Сутністю будь-якого виробництва є його виробничий процес. Виробничі процеси, здійснювані на будівельному майданчику, називають будівельними процесами (наприклад, монтаж теплиці, уривка котловану екскаватором і т.д.). У результаті послідовного виконання будівельних процесів створюється будівельна продукція у вигляді будівель і споруд. При вивченні будівельних процесів їх класифікують за технологічними ознаками на заготівельні, транспортні та монтажні-укладальні.

Це основа основ будівельної галузі яку ми повинні втілювати у реальні будівельні проекти маючи можливість їх удосконалювати та покращувати за рахунок розвитку науки та техніки.

Але на сьогодні суспільство не може ефективно розвиватися і функціонувати без створення раціонального будівельного комплексу або виробничого кластеру. Від ефективного розвитку будівельної галузі залежить економічна система нашої країни. Відбудова, будівництво, реставрація інфраструктури наших міст (житлових будинків, реконструкція житлових фондів, будівництво промислових підприємств, транспортних об'єктів, лікарень, шкіл, торгових центрів і тому подібне) залежить від злагодженої роботи будівельного комплексу, а це запорука відновлення нашої країни. Будівельний комплекс дає можливість росту виробництва в усіх галузях України [1, 3, 7, 8, 12, 15].

Будівельний комплекс – це сукупність галузей матеріального виробництва, які забезпечують капітальне будівництво. До складу будівельного комплексу входять такі галузі матеріального виробництва:

будівництво, промисловість будівельних матеріалів, виробництво будівельних конструкцій і деталей тощо [1, 3, 7, 8].

Будівельний комплекс – це складна міжгалузева система, кожна з галузей якої є сукупністю підприємств і організацій, які виробляють будівельні матеріали, конструкції, деталі, вироби і здійснюють виробниче, культурно-побутове, житлове і інші види будівництва [12].

Перехід до ринкових стосунків супроводжується змінами, як в самих будівельних системах, так і в середовищі їх функціонування. Соціально-економічні зміни, які відбулися, є причиною різкого росту невизначеності зовнішнього оточення для будівництва [14, 15, 18].

Необхідно почати переглядати і прораховувати тенденції активізації програм розвитку будівельного комплексу на найближче майбутнє.

Тому нам потрібні нові організаційні тенденції на базі логістики, яка ґрунтується на принципах організації, управління, планування, пов'язані з прагненням підприємств утворити вузькопрофільні об'єднання, некомерційні організації, холдинги і логістичні структури [9, 14, 21, 29, 30].

Це позитивне явище дозволяє [1]:

- забезпечити цілеспрямовану роботу пов'язану з організацією і управлінням матеріальних потоків, які відповідають новим технологічним і виробничим процесам;

- удосконалювати нормативно-технічну документацію, спрямовану на створення конкурентоздатної продукції, за рахунок формування логістичних інформаційних систем;

- налагодити строгий контроль за кон'юктурою потреб споживчого ринку на основі організації і управління досконалих макрологістичних систем.

Будівельний комплекс можна розглянути у вигляді виробничих систем, де повинні враховуватися зв'язки між його учасниками (будівельні об'єкти - заводи будіндустрії) (рис. 1.1 [1]). Для ефективного відтворення цих

систем враховується організація і управління матеріальними та супроводжуючими їх інформаційними потоками.

Для розвитку будівництва і будівельного комплексу в цілому в сучасних умовах потрібний новий інструментарій, який дозволяє комплекс проблем (завдань) організувати у вигляді системи з урахуванням міжсистемних зв'язків і знайти оптимальне рішення для цієї системи.

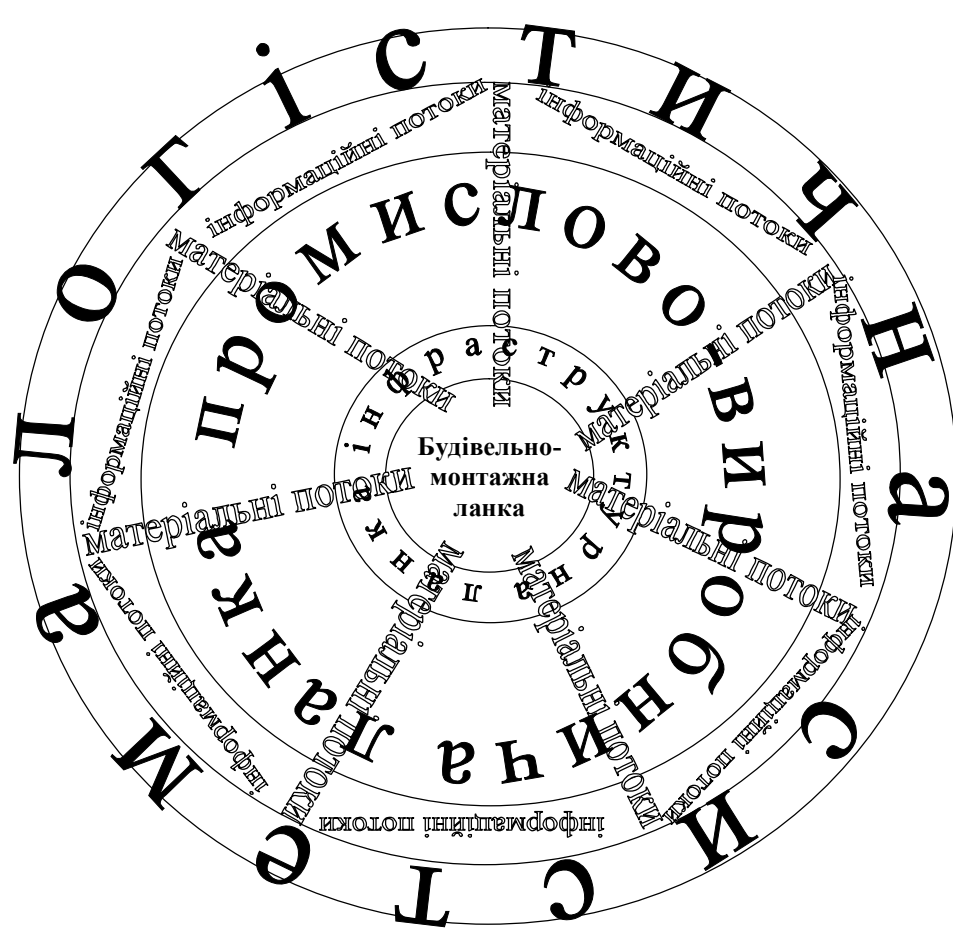


Рисунок 1.1 - Схема функціонування будівельного комплексу на засадах логістики [1]

Нині стрімкими темпами розвивається такий перспективний науково-практичний напрям як логістика. Підвищений інтерес до логістики за кордоном пов'язаний із забезпеченням комплексного обліку та вирішення організаційних, економічних, виробничих завдань. Багато підприємств, організації і фірми намагаються застосувати логістичні знання і навички. Це

не чужо і будівельним організаціям, а також підприємствам, які відносяться до будівельного комплексу [21, 35].

Тому доцільно було б більш детально розглянути можливість логістики та застосування її інструментарію у галузь будівництва.

Впровадження логістичних методів управління є актуальним для удосконалення будівельного виробництва в розрізі його забезпечення, за рахунок створення цілісної оптимальної логістичної системи функціонування будівельного комплексу.

Програми розвитку будівельного комплексу пов'язані по ресурсам, виконавцям і термінам виконання науково-дослідних, проектних, виробничих, соціально-економічних, організаційно-технічних, логістичних і інших програм, що забезпечують ефективне рішення цільових завдань [2, 15].

## **1.2 Сутність матеріального забезпечення для процесів організації будівництва**

Для знаходження шляхів оптимального рішення цих питань одним з основних інструментів є логістика [40].

Діяльність вітчизняних будівельних організацій в сучасних умовах носить складний та динамічний характер. Мається на увазі необхідність розгляду оптимальних методів управління підприємствами будівельного комплексу та його матеріально-технічної бази (МТБ) на аспектах логістичного управління як дієвого інструментарію, який здатний забезпечити успішне вирішення найбільш суттєвих проблем за рахунок надійного взаємозв'язку із зовнішнім середовищем, оптимального функціонування елементів системи в межах матеріальних та виробничих сторін діяльності будівельних організацій (рис. 1.2) [1].



Рисунок 1.2 – Управління логістичними системами в програмах розвитку будівельного комплексу [1]

Новація логістики полягає, по-перше, в зміні пріоритетів в господарській практиці будівельних фірм, де центральне місце займає управління процесами руху товару. По-друге, новизна логістики полягає у використанні комплексного підходу до питань руху матеріальних ресурсів в процесі виробництва і звернення МТБ, що забезпечує кращу ув'язку учасників цього процесу. По-третє, новизна логістики полягає у використанні теорії компромісів між учасниками будівельного комплексу, що дає можливість отримати загальний результат [1, 2, 18, 21, 40].

Дослідження поняття «логістика» зроблено в багатьох роботах [1, 2, 40], де трактування логістики дещо відрізняються від зарубіжного та вітчизняного. Спробою синтезувати всю різноманітність уявлень про



логістику стали рекомендації Першого Європейського конгресу (1974 р.) з питань матеріальних потоків, де вважали, що логістика – це вчення про системне планування, управління і контроль матеріальних потоків, потоків енергетичних, інформаційних, а також потоків пасажирів. Такий підхід істотно розширює межі використання логістики, що в цілому відповідає достатньо поширеному серед вітчизняних фахівців уявленню про логістику як науку і практику управління поточковими системами [40].

За експертними оцінками вчених і фахівців, широке застосування методів логістичного управління дозволить: скоротити час руху сировини і матеріалів у виробничому циклі і сфері споживання приблизно на 25 - 30%; понизити рівень запасів продукції у споживачів на 30 - 50%; забезпечити комплексний облік всіх витрат в матеріальних потоках; підвищити рівень обслуговування споживачів; скоротити дефіцит товарів і послуг [1].

Логістика дозволяє вирішувати завдання, які базуються на принципах організації, планування й управління. Основним критерієм логістики будівництва є логістизація. Логістизація - тотальна організація логістичних систем на основі теорії логістики; - цілеспрямований процес впровадження логістичного підходу до оптимізації розвитку організаційно-економічної діяльності підприємств. Логістичні системи - це складна організаційно завершена (структурована) економічна система, яка складається з елементів-ланок (підсистем), взаємозв'язаних в єдиному процесі управління матеріальними і супутніми потоками, причому завдання функціонування цих ланок об'єднані внутрішніми зовнішніми цілями організації [2, 14, 17].

Можливості логістичних систем локалізуються в основній ланці економічної діяльності учасників будівельного комплексу і розглядаються як комплекс елементів на мікрорівні (мікрологістична система) під впливом макроекономічних процесів (макрологістична система). Макрологістична система – це система управління матеріальними потоками-ресурсами, що охоплює підприємства й організації промисловості, посередницькі і

транспортні підприємства, організації, які можна віднести до будіндустрії [40].

На фоні несприятливих умов економічної діяльності України за останні роки в цілому, обставини ділової активності у сфері капітального будівництва оцінюються більш ніж негативні [1, 17].

Зважаючи на оцінки вчених і фахівців, будівельна галузь вже досягла того порогу скорочення, за яким починається не тільки моральне зношування основних виробничих фондів, а й небезпека їхнього фізичного знищення. Задля об'єктивності варто відмітити, що Урядом України робляться спроби поживити активність щодо реалізації програм розвитку будівельного комплексу та його матеріально-технічної бази [1].

### **1.3 Моделі оптимізації організації матеріального забезпечення будівельного виробництва на підґрунті формування логістичної системи будівництва**

Для проведення абстрактно-математичних розрахунків нами було досліджено конкретно-економічний характер, коли забезпечене організаційно-економічне поєднання учасників логістичного ланцюга в межах логістичної системи. У свою чергу, як макро-, так і мікрологістичні системи повинні формуватися не тільки емпірично, але і розрахунково-аналітично, тобто шляхом попереднього моделювання. При логістичному моделюванні необхідно враховувати методологію системних досліджень. По-перше, властивості системи не є простою сумою властивостей її елементів; системі притаманні і інші властивості, що виникають саме із-за наявності взаємозв'язків між її елементами за законом емерджентності. По-друге, складність потоків і логістичних ланцюгів вимагає конструювання

логістичних систем у вигляді низки спрощених в порівнянні з реальними моделями, кожна з яких орієнтована на вирішення конкретного кола завдань і є дещо незначним спрощенням реально існуючого процесу, спрощенням, що охоплює лише найважливіші з погляду логістичних цілей властивості і взаємозв'язки елементів і системи у цілому. По-третє, логістична система, незалежна від розмірів, не може функціонувати поза взаємозв'язками з іншими системами, що істотно впливають на умови і результати її діяльності. Вона є відкритою системою, що знаходиться в безперервній взаємодії з іншими, що фактично робить її підсистемою більшої макрологістичної системи [ , 2, 18, 21, 40].

Всі відомі форми і методи логістичного моделювання можна умовно згрупувати за наступними класифікаційними ознаками (рис. 1.3) [ , 2, 18, 21, 40].

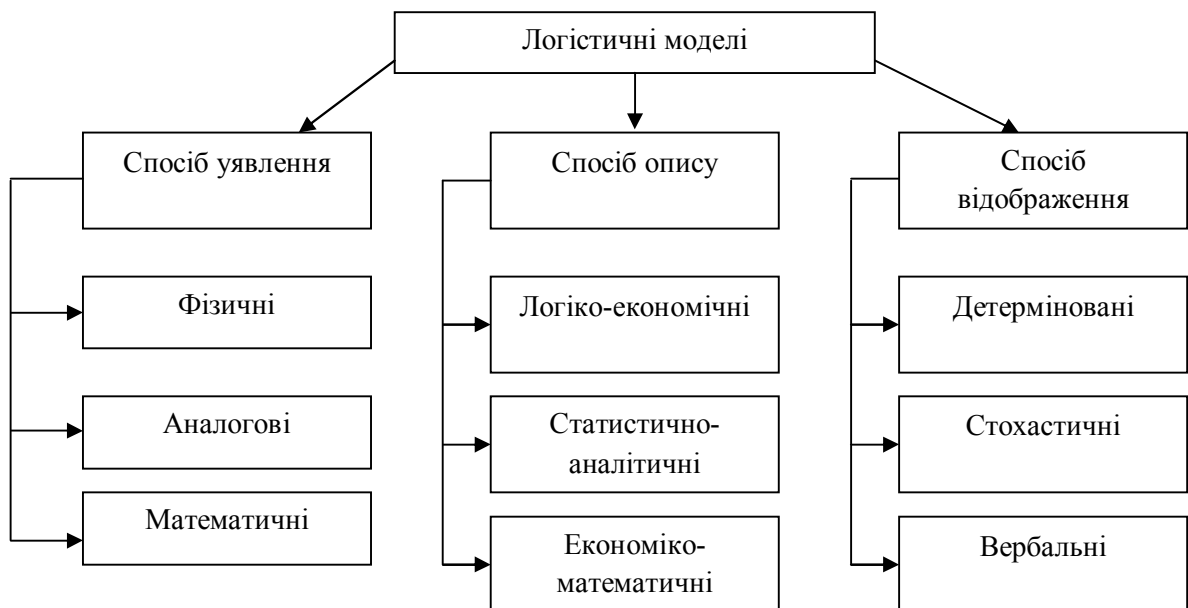


Рисунок. 1.3 - Основні види логістичних моделей

За способом уявлення розрізняють фізичні, аналогові і математичні моделі. Фізична модель дозволяє розглядати логістичну систему (переважно логістичний ланцюг) як сукупність взаємопов'язаних об'єктів в мініатюрі (наприклад, моделювання транспортних комунікацій). Подібні моделі наочні, тимчасово і просторово сумісні, але об'єктивно обмежені лише

моделюванням фізичних матеріальних потоків, де присутні складські споруди, транспортні засоби, перевізники і тому подібне.

Аналогова модель [1, 2, 18, 21, 40] замінює реальну логістичну систему через аналог, який працює як реальна логістична система, але не є таким. Це можуть бути графіки, сітьові моделі, схеми і так далі. Достатньо поширеними у будівництві є сітьові графіки і моделі, які дозволяють представити практично будь-яку логістичну систему. Математична або символічна система будується на представленні реальної логістичної системи сукупністю символів, що характеризують основні властивості системи. За способом опису розрізняють логіко-економічні, статистично-аналітичні і економіко-математичні моделі логістичних систем. Логіко-економічні моделі зазвичай призначені для вербальної характеристики структури і взаємозв'язків елементів системи, узгодженої з економічною логікою. Статистично-аналітичні моделі дозволяють описати логістичну систему на основі наявної статистичної інформації (накопиченого досвіду) і на основі проведення спеціальних аналітичних досліджень. Економіко-математичні моделі описують логістичні системи шляхом кількісної інтерпретації її якісних характеристик з використанням економіко-математичних методів, програмного і технічного забезпечення [1, 2, 18, 21, 40].

За способом віддзеркалення реальних економічних процесів моделі логістичних систем розрізняються як детерміновані, стохастичні і вербальні. Перші використовуються при моделюванні мікрологістичних систем; другі в основному, застосовуються для макрологістичного моделювання, оскільки значною мірою враховують вплив зовнішніх чинників; треті – будуються на основі узагальненого досвіду логістичної організації потоків будівельної фірми і можуть бути використані при моделюванні логістичних систем будь-якого рівня [2].

При використанні детермінованих моделей мікрологістичних систем будівельної фірми звертаються до моделей трьох видів: аддитивних, мультиплікативних і змішаних. Для кращого розуміння їх суті залежну

змінну позначимо ( $y$ ), а незалежну - ( $x$ ). Тоді моделі даного класу можна представити у вигляді функції [2]:

$$y = f(x). \quad (1.1)$$

За наявності безлічі змінних (чинників), що в дійсності можна спостерігати в мікрологістичних системах, детерміновані моделі є складними, а саме:

$$y = \Psi(x_1, x_2 \dots x_n). \quad (1.2)$$

Незалежно від кількості включених чинників (змінних, що враховуються) адитивна модель містить тільки оператори додання які виконують алгебраїчні дії зі змінними. Отже адитивну модель часто називають балансовою. У загальному вигляді адитивна модель мікрологістичної системи будівництва може бути представлена формулою [2]:

$$L_s = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (i=1,2 \dots n), \quad (1.3)$$

де  $L_s$ - модельована мікрологістична система;

$x_i$  - значення змінних елементів (чинників) системи;

$n$  - кількість елементів системи.

У свою чергу мультиплікативну мікрологістичну модель будівництва можна представити наступною формулою [2]:

$$y = \prod_{i=1}^n x_i, \quad (i=1,2, \dots n), \quad (1.4)$$

де  $\prod$  - символ множення.

У моделях змішаного типу зазвичай використовується алгебраїчна сума співмножників типу [2]:

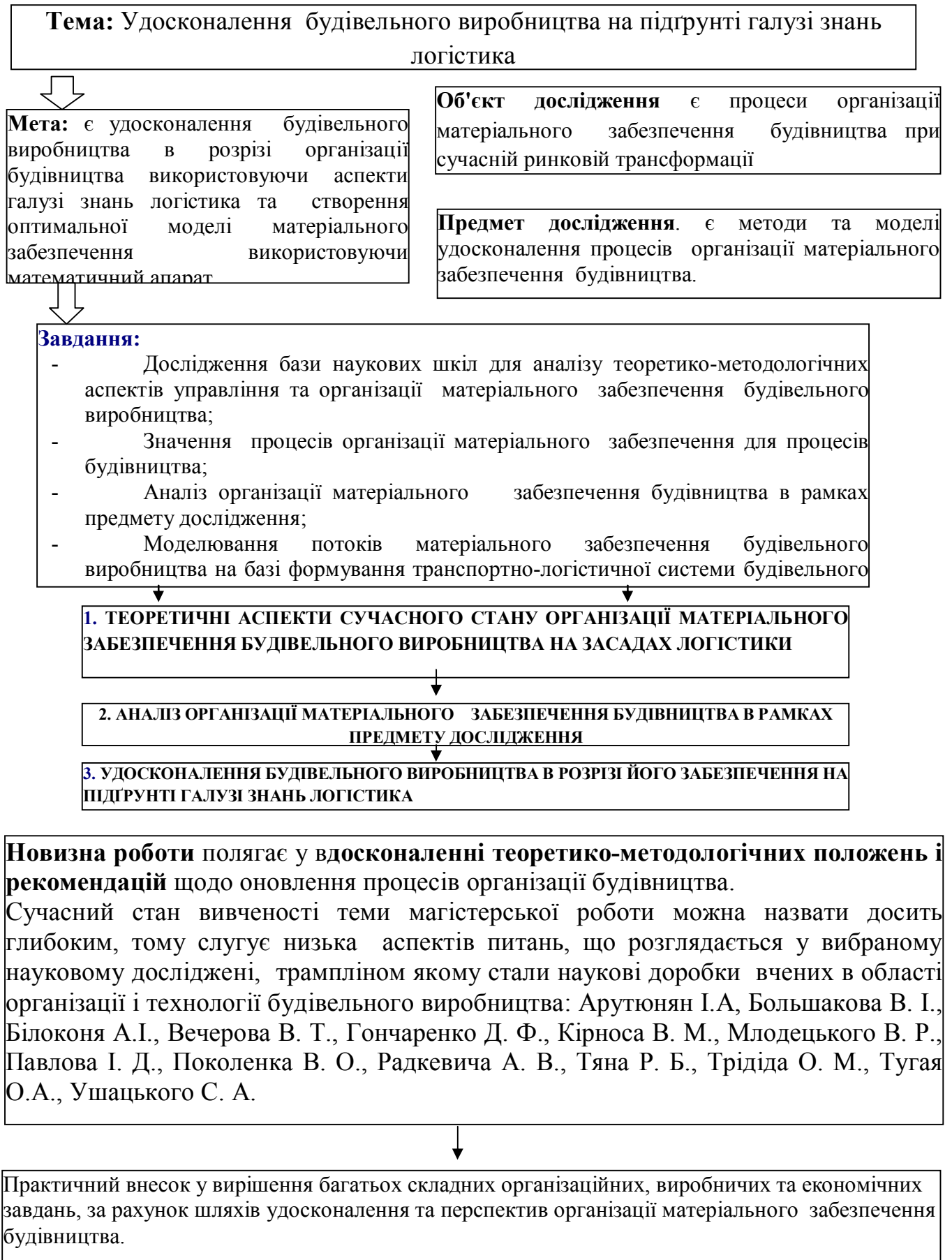
$$y = \sum_{i=1}^n x_i \cdot q_i, \quad (1.5)$$

де  $q_i$  - частка (міра) участі  $i$ -го чинника (змінний) у формуванні мікрологістичної моделі будівництва.

Аналіз логістичних систем будівництва показав, що найбільш вагомою часткою формування матеріальних потоків є центри логістичних витрат. Тому першою стадією логістизації будівництва, як правило, є створення системи логістизації будівельної фірми [3].



## Структурно-логічна схема дослідження



## **2. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА В РАМКАХ ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Математичні аспекти методу рейтингового моделювання в задачах організації матеріального забезпечення будівництва**

*Рейтинг* являє собою оцінку тих чи інших аспектів діяльності досліджуваної економічної системи (ЕС) за фіксованої шкали, тобто є комплексною інформацією щодо стану ЕС, яка подається в максимально згорнутому вигляді [33].

Під *рейтинговим управлінням* розуміють концепцію прийняття рішень потенційними користувачами на підставі використання рейтингів у процесі реалізації функцій управління.

Із цього означення випливає, що рейтингове управління є процесом, у якому рейтинг використовується для аналізу, контролю, обліку, прогнозування та регулювання діяльності ЕС. Тому методику обчислення рейтингу можна інтерпретувати як цільову функцію рейтингового управління, значення якої є індикатором стану ЕС.

Вибір методики обчислення рейтингу залежить від конкретної стратегії управління (реалізації стратегії планування). Остання визначається набором групи цілей, що відповідають різним аспектам функціонування ЕС, які впорядковані за їх пріоритетами. Кожна ціль поділяється на елементарні підцілі, що впорядковуються як за пріоритетами, так і за термінами їх реалізації.

З погляду рейтингового управління істотними є такі особливості рейтингового оцінювання:

- Рейтинг є втіленням такої функції управління, як аналіз у його чистому

вигляді, тобто «аналіз високого рівня».

- У підґрунтя рейтингової оцінки закладено принцип відповідності функціонування ЕС низці критеріїв, тобто рейтинг є результатом процесу багатофакторного аналізу ЕС.

Для конкретної ЕС рейтингове управління може мати такі аспекти:

1. Внутрішнє рейтингове управління.
2. Зовнішнє рейтингове управління.

Об'єктом внутрішнього рейтингового управління є ЕС та її конкуренти. Останні відіграють роль бази для порівняння. Мета внутрішнього рейтингового управління полягає у розвитку ЕС за визначеними напрямками.

Об'єктом зовнішнього рейтингового управління є партнери (та контрагенти) ЕС. Потенційними користувачами процедур зовнішнього рейтингового управління у вітчизняних умовах можуть виступати передусім інвестиційні інститути, банки, постачальники стратегічної сировини, абітурієнти та їхні батьки, роботодавці тощо. Для ефективного застосування процедур зовнішнього рейтингового управління повинні виконуватися такі умови:

1. Ресурси (послуги), що їх отримують об'єкти зовнішнього рейтингового управління, є для них настільки значущими, що їх потрібно враховувати.
2. Кількість партнерів (контрагентів) ЕС є настільки великою, що для прийняття управлінських рішень необхідні опрацювання й аналіз великого масиву даних щодо різних партнерів (контрагентів) ЕС відповідно до єдиних стандартів.

#### *Технологічна схема рейтингового управління*

Технологічна схема рейтингового управління діяльністю будівельних організацій представлена на рис. 2.1 [34].

Суб'єкт рейтингового управління (блок 4) на підставі даних про стан підприємства і зовнішнього середовища (блоки 2 і 3) розробляють загальну

стратегію діяльності підприємства (блок 6), яка містить запланований набір цільових параметрів, яких воно повинно досягти за визначений строк. Цей набір може включати в себе значення (або набір значень) рейтингу.

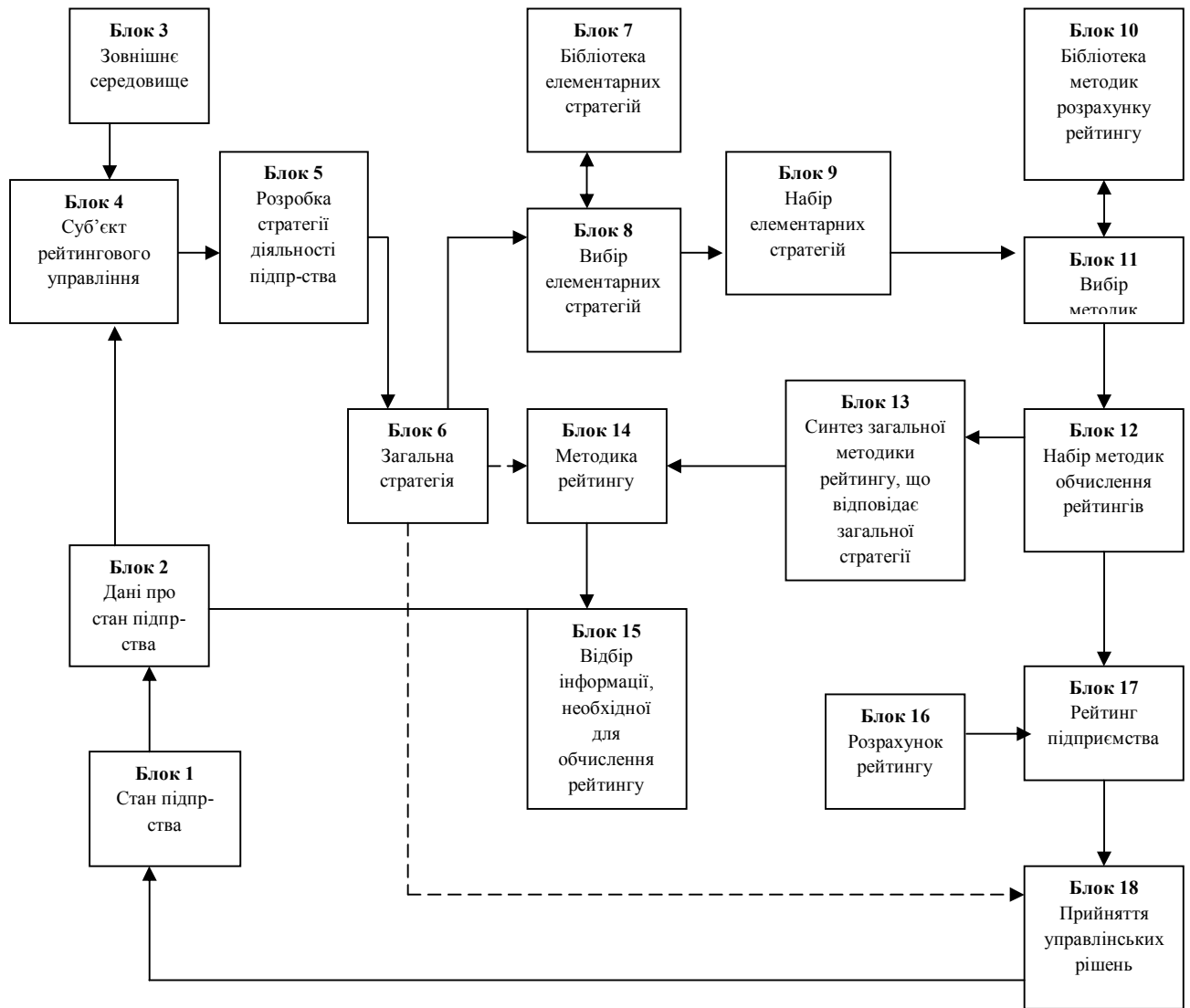


Рисунок. 2.1- Технологічна схема рейтингового управління діяльністю будівельної організації

Відбувається декомпозиція загальної стратегії на набір елементарних стратегій, кожне з яких відноситься до одного з чотирьох типів:

1. Продуктова стратегія. Включає в себе: перелік перспективних продуктів; прогноз об'ємів і цін реалізації цих продуктів на ринку; програми розробки нових продуктів, їх виробництва та просування на ринок.

2. Функціональна стратегія. Включає в себе: програму змін бізнес-процесів усередині та зовні підприємства, в тому числі зміни останньої; програму функціональної підтримки виконання тих чи інших задач.

3. Ресурсна стратегія. Включає в себе: програму залучення, перерозподілу ресурсів; програму забезпечення виконання продуктивних стратегій.

4. Управлінська стратегія. Включає в себе: програму змін процесу менеджменту; програму управлінської підтримки виконання тих чи інших задач.

Вибір такої класифікації елементарних стратегій обумовлений різними строками і критеріями їх успішної реалізації в процесі управління підприємства, тому об'єднання відповідних одна одній елементарних стратегій в одну елементарну стратегію недоцільно через ці відмінності. Для реалізації рейтингового управління підприємством необхідно створити «бібліотеку елементарних стратегій». Це означає, що спочатку виокремлюються елементарні стратегії, характерні для підприємства, що досліджується, а також взаємозв'язки між ними. Критерієм порівнянності таких методик є збереження впорядкованості об'єктів дослідження по рейтингу.

Серед порівняних між собою методик для подальшого використання обирається та, яка легше за все реалізується. «Бібліотека методик обчислення рейтингу підприємства» (блок 10) містить методики і для кожного елементу може бути поставлено у відповідність набір методик рейтингового оцінювання «бібліотеки елементарних стратегій». Після вибору набору методик обчислення рейтингів для елементарних стратегій, здійснюється його композиція у єдину методику рейтингової оцінки (блок 13). Остання повинна найбільш повно і адекватно відповідати цілям комплексної оцінки даного підприємства та загальної стратегії її діяльності, заданої об'єктом управління.

Зазначимо, що безпосередній перехід від блока 6 до блоку 14 (пунктирна лінія на рис. 2.1) також цілком припустимий при наявності загальноновизнаної методики рейтингового оцінювання для досліджуваного підприємства.

Далі з масиву даних про стан підприємства, у відповідності з вимогами методики обчислення рейтингу, здійснюється вибір необхідної інформації і відбувається процес обчислення рейтингу.

Як було зазначено вище, рейтинг є як індикатором стану, так і ціллю управління підприємством. Тому з урахуванням раніше обраної стратегії, приймаються управлінські рішення. Для моніторингу їх наслідків та коригування загальної стратегії здійснюються ітерації розглянутого процесу, що відображено у переході від блоку 18 до блоку 1.

*Загальна схема моделювання системи рейтингового оцінювання:*

Етап 1. Підготовка первинних даних. Результат - вихідний набір показників.

Етап 2. Опрацювання даних. Результат - набір проміжних показників.

Етап 3. Статистичний аналіз. Результат - набір агрегатів.

Етап 4. Трендовий аналіз. Результат - прогноз стану ЕС.

Етап 5. Обчислення рейтингу. Результат - рейтинг досліджуваної ЕС.

Взаємодія цих етапів схематично подана на рис. 2.2.

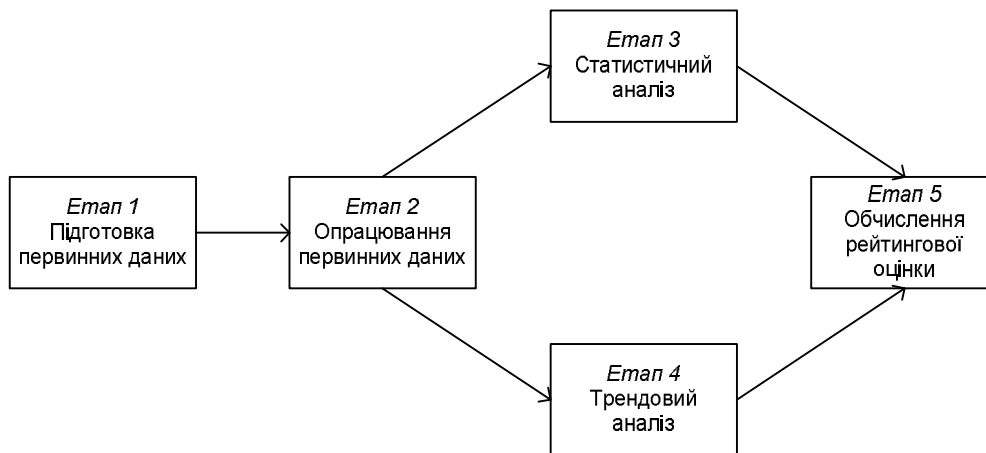


Рисунок 2.2 - Узагальнена схема процесу визначення рейтингу ЕС

*Етап 1. Підготовка первинних даних.* Деталізація цього етапу схематично показана на рис. 2.3.

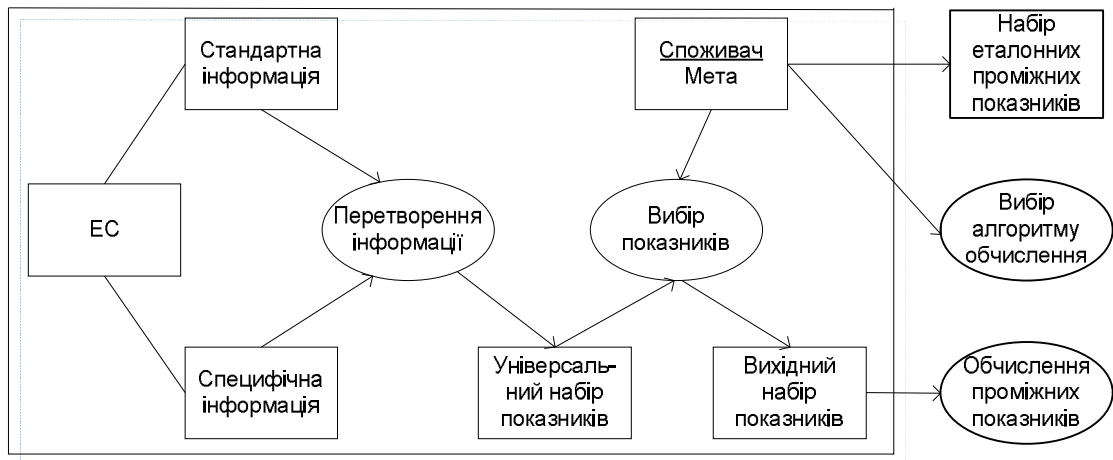


Рисунок 2.3 - Схема підготовки первинних даних

Підґрунтям для визначення рейтингу ЕС є первинна інформація щодо діяльності ЕС. Її можна поділити на стандартну й специфічну.

Стандартна інформація є масивом даних, що міститься у трьох основних формах бухгалтерської звітності: Форма №1 – Баланс підприємства, Форма №2 – Звіт про фінансові результати, Форма №3 – Звіт про рух грошових коштів.

Специфічна інформація є масивом даних, який міститься в решті звітів, що використовуються тією чи іншою групою ЕС. Такий набір звітів визначається специфікою діяльності, масштабом ЕС, формою власності тощо. Звіти можуть готуватись як усередині самої ЕС, так і зовні. Специфічна інформація є необхідною для визначення структури базових показників, проведення факторного аналізу їх з огляду на конкретну групу споживачів інформації щодо рейтингу ЕС. Окрім числових даних вона включає в себе результати експертного аналізу. Останні також дають можливість дослідити стан ЕС на якісному (вербальному) рівні. Хоч експертні методи відносно важко формалізувати, необхідність використання їх зумовлена тим, що вони дають можливість оцінити якість менеджменту, позиції на ринку та

відповідність реального стану справ значенням показників, які декларуються, зокрема, у звітах, рекламі тощо.

Формування масиву специфічної інформації істотно залежить не лише від типу аналізованої ЕС, а й від типу споживачів рейтингу. Справді, всі основні категорії споживачів інформації стосовно стану ЕС зацікавлені в її комплексній оцінці. Однак складові цієї оцінки мають для них суттєво різну значущість.

Універсальним набором показників називають множину всіх показників, необхідних для визначення рейтингу. Універсальний набір показників формується через поєднання всіх актуальних даних, що містяться у масивах стандартної та специфічної інформації, а також зведення їх до єдиного формату.

У кожному конкретному випадку визначення рейтингу ЕС залежно від мети аналізу з універсального набору показників формується вихідний набір показників. Він являє собою масив даних, що якнайповніше характеризують стан ЕС з погляду її наступного аналізу [33].

*Етап 2. Опрацювання первинних даних.* Мета аналізу — вибір вихідного набору показників. Вихід алгоритму — набір проміжних показників. Останні являють собою індикатори фінансово-господарського стану ЕС. Для оцінювання набору проміжних показників здійснюють порівняльний аналіз з аналогічним, за структурою, набором проміжних показників еталонної ЕС (чи з нормативами).

Можна виокремити два типи еталонних ЕС. Це, по-перше, показники діяльності таких ЕС, що збігаються із суспільно визнаними нормативами, які вважаються оптимальними (для тієї чи іншої групи ЕС). По-друге — ЕС, які мають аналогічні об'єкту дослідження спеціалізацію та масштаби. Вони використовуються в основному як база для порівняння ненормованих показників діяльності досліджуваної ЕС. Використання еталонних ЕС другого типу є особливо доцільним в умовах перехідного періоду, коли загальноекономічна ситуація в країні перебуває в стані слабо-прогнозованих



змін.

Порівняльний аналіз проміжних показників характеризується способом і нормами (специфікацією процесу) порівняння. Для кожного з проміжних показників задаються параметри зміни, межі перехідних станів, а також параметри неоптимальних значень. Результати порівняльного аналізу — основа для групування проміжних показників у агрегати, а також для моделювання стану ЕС у майбутньому [34].

*Етап 3. Статистичний аналіз.* Під час використання статистичного аналізу виникає проблема щодо порівнянності показників. Існують різні підходи залежно від змісту (семантики) інформації. Так, у фінансах використовують методологію й методи дисконтування та нарощування тощо. Даний етап припускає наявність бібліотек «стандартних» алгоритмів і програм.

*Етап 4. Трендовий аналіз.* У підґрунті трендового аналізу лежить моделювання (згідно з певним алгоритмом) прогнозного стану ЕС.

Мета трендового аналізу — оцінка виникнення (можливого) критичного стану ЕС як сукупності критичних станів проміжних показників відповідно до певного (обраного) алгоритму.

Вихідний матеріал для трендового аналізу — ряди динаміки. Поведінка рівнів ряду динаміки характеризує абсолютні прирости й темпи (зростання й приросту).

Для побудови трендів зазвичай використовують методи згладжування, що ґрунтуються на обчисленні середніх (ковзних, зважених, адаптивних, експоненційних тощо).

На основі використання кореляційного й регресійного аналізів відповідно до обраної моделі будується аналітична форма. Якщо це викликає негаразди, то використовують також авторегресійні моделі.

До одного з найчастіше використовуваних на практиці методів трендового аналізу належить «метод ножиць». Він полягає в наступному. Для аналізованого показника виконують оптимістичний і песимістичний

прогнози. У точці прогнозування обчислюють розмах (варіацію) «ножиць». Якщо цей розмах є недопустимо великим, то аналізований показник потребує більш ретельного дослідження.

*Етап 5. Обчислення рейтингу.* Деталізація етапу зображена на рис. 2.4.

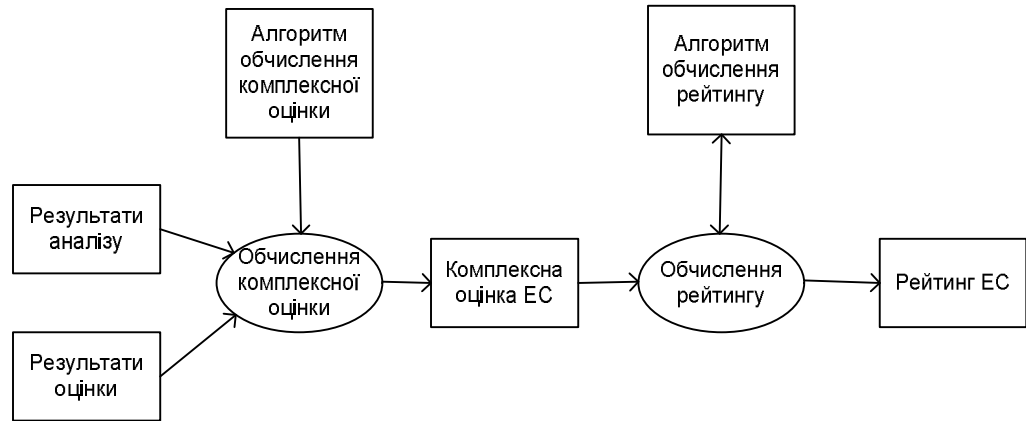


Рисунок 2.4 - Схема етапу визначення рейтингової оцінки

Згідно з обраним алгоритмом обчислюють комплексну оцінку ЕС. Вона є якісною характеристикою, отриманою експертним шляхом. Визначають відповідність стану ЕС щодо поставлених цілей, після чого здійснюють обчислення рейтингу. Будь-яка обрана методика є обчислювальною процедурою (алгоритмом) і містить систему оцінних показників, що характеризують діяльність ЕС.

Можна виокремити два типи методик обчислення рейтингу. До першого типу відносять вибір функції корисності й обчислення її значення на підставі даної комплексної оцінки. До другого типу відносять обчислення рейтингу ЕС на підставі експертних процедур. Основним недоліком першого типу є відносно жорстка регламентація процесу обчислення рейтингу типу функції корисності. Основним недоліком методик другого типу є складність і великі витрати ресурсів у процесі обчислень. Але існують також змішані методики [33].

Рейтинг в залежності від типу аналізу може служити або основою для прийняття управлінського рішення, наприклад щодо вкладання коштів (зовнішнє рейтингове управління), або базою для індикативного планування

для керівництва аналізованої ЕС (внутрішнє рейтингове управління).

В першому випадку головна ціль рейтингового оцінювання діяльності підприємства – отримання в інтегрованому виді комплексної інформації про його стан, яка дозволила б адекватно порівняти його з іншим підприємством, які мають аналогічні параметри діяльності [34].

Внутрішнє рейтингове управління передбачає подальше застосування рейтингу при стратегічному плануванні. При цьому в даному випадку підтримується як процедура порівняння ЕС із аналогічними, так і дослідження змін, що відбулися з ЕС та окремими аспектами її функціонування із впливом часу.

Проблема прийняття рішень (вибору стратегій) в економіці виникає через дві принципові обставини:

- багатоваріантність економічних рішень;
- цілеспрямованість (людські прагнення) економічних систем і зумовлений цим ризик.

Множина альтернативних варіантів рішень (стратегій) визначається наявними можливостями економічного розвитку; вибір з цієї множини (а він завжди існує) диктується цілями певної економічної системи. Рішення (стратегія), що приймається, являє собою результат сумісного розгляду цілей та можливостей і їх узгодження.

Для використання математичних методів в аналізі, оцінюванні, управлінні й прийнятті економічних рішень обидві складові задачі вибору повинні мати адекватне відображення в економіко-математичній моделі. Переважною є концепція, згідно з якою ціль – це напрям розвитку економічної системи (так звана ціль-напрямок). Досить поширеною є інша інтерпретація, коли ціль – це деякий наперед визначений стан, якого необхідно досягти певній економічній системі (так звана ціль-стан).

Зазначимо, що ціль-напрямок дозволяє порівнювати альтернативні стратегії і, як наслідок, вибирати найкращу, що найбільшою мірою забезпечує максимальне наближення до бажаного стану (цілі-стану).

Найбільш загальні моделі, що використовуються в економічному аналізі, носять якісний характер і або фіксують результати порівняння альтернативних рішень з погляду цілей економічної системи, або аналітично описують результати вибору з множини альтернативних рішень.

Множинність цілей економічних систем має об'єктивний характер і знаходить своє модельне відображення у вигляді задачі прийняття багатоцільових багатокритеріальних рішень.

*Моделювання рейтингового оцінювання.* Важливим є визначення, аналіз та структуризація різних груп показників оцінювання, вибір та обґрунтування яких мають здійснюватися з урахуванням цілей порівняння відповідно до теорії менеджменту. У процесі порівняння доцільно порівнювати також блоки показників, які оцінюють споріднені риси (характеристики) об'єктів дослідження.

Останнім часом особливий інтерес викликають системи для підтримки процесів прийняття рішень, ранжирування об'єктів усередині вибірки, наприклад, дорадчі та експертні системи. Назви цих систем повністю відповідають їхньому призначенню: давати на запит користувачів поради щодо їхнього поведіння у ситуаціях невизначеності та ризику, спираючись на науково обґрунтовані методи та експертні оцінки досвідчених фахівців.

Задачу визначення рейтингової оцінки окремого економічного об'єкту (або ЕС) серед їхньої вибіркової множини можна віднести до класу багатокритеріальних проблем, оскільки вона вирішується в умовах невизначеності, наявності багатьох критеріїв і зумовленого цим ризику.

Визначення рейтингу включає такі основні етапи:

- 1) збір, систематизація та аналітичне опрацювання інформації (статистичної, експертної) за обраний для аналізу період;
- 2) вибір та обґрунтування системи показників, що використовуються для обчислення рейтингової оцінки, їх структуризація;
- 3) розроблення методології, методики та інструментарію (критерій згортки) щодо обчислення інтегрованого показника рейтингової оцінки;

- 4) ранжирування об'єктів (елементів вибірки) згідно з кількісним значенням інтегрованого показника рейтингової оцінки для кожного з них.

Проблема багатоцільового (багатокритеріального) рейтингового оцінювання та впорядкування елементів (об'єктів) певної вибіркової множини характеризується трьома чинниками  $\{v, k, w\}$ , де  $v$  — метод нормалізації,  $k$  — співвідношення пріоритету (вагомість),  $w$  — критерій згортки.

Нормалізація застосовується для переходу до порівняльних шкал у значеннях показників як результат рейтингового оцінювання.

Під співвідношенням пріоритету ( $k$ ) матимемо на увазі вектор вагових коефіцієнтів  $(k_1, \dots, k_n)$  на компонентах відповідних деталізованих показників. Виникає також проблема щодо знаходження вагових коефіцієнтів  $(k_i, i = 1, \dots, n)$  деталізованих показників оцінювання результату діяльності підприємства, що визначають рейтинг конкретного підприємства у вибірці [15]. Для розстановки пріоритетів індикаторів, їх груп та напрямків аналізу може бути коректно застосована процедура експертного оцінювання.

Під критерієм згортки  $w$  будемо розуміти інтегрований (синтезований) показник, згідно з яким визначається рейтинг економічного об'єкта серед вибірки. За цим показником здійснюється впорядкування множини елементів заданої вибірки. Як правило, критерій згортки є функцією, що відображає  $R^n$  в  $R^1$ .

Для побудови моделей управління та обґрунтування прийняття рішень потрібна інформація. Але наявної статистичної кількісної інформації зазвичай буває обмаль, великого досвіду теж ніколи не буває забагато. Основним джерелом інформації слугують люди (суб'єкт прийняття рішень, експерти, користувачі). Найчастіше людині легше подати відповідні дані в неформалізованому вигляді, на вербальному рівні, на рівні якісного опису та оцінок (так звана м'яка інформація).

Нині особливої уваги заслуговують системи, призначені для

обґрунтування підтримки процесів прийняття рішень на всіх рівнях ієрархії економічного об'єкта. Існують різні підходи, методи та принципи урахування пріоритету в таких системах та критерії їх згортки.

Для вирішення задач багатокритеріального вибору що мають, з одного боку, визнану теоретичну обґрунтованість, а з іншого – задовольняють вимогам універсальності, найбільше поширення одержали такі методи [33]:

- методи теорії корисності;
- методи теорії нечітких множин;
- методи векторної стратифікації;
- метод аналізу ієрархій Т. Сааті.

Теорія багатомірної корисності дозволяє для задач багатокритеріального вибору одержати функцію багатомірної корисності, максимальне значення якої відповідає найкращому варіантові. Багатомірну функцію корисності звичайно отримують як адитивну, або як мультиплікативну комбінацію одномірних функцій, що будуються на підставі опитування експертів і дозволяють провести ранжирування можливих варіантів без взаємного порівняння альтернатив. При цьому робиться допущення про взаємну незалежність критеріїв по корисності. Процедура побудови функції корисності вимагає залучення значних обсягів інформації і є досить трудомісткою.

Перевагою цього підходу є можливість оцінки будь-якої кількості альтернативних варіантів з використанням отриманої функції. У випадку недостовірної вихідної інформації застосування методів теорії корисності стає малоефективним [33].

Теорія нечітких множин, запропонована Л. Заде, дозволяє представити знання про переваги альтернатив за різними критеріями за допомогою нечітких множин [34].

Формування нечітких множин є більш простою і менш трудомісткою процедурою, ніж побудова функцій корисності. Для виявлення кращих варіантів по сукупності критеріїв необхідно мати в розпорядженні

інформацію про важливість критеріїв і типи можливих відносин між ними. Теорія нечітких множин надає різні засоби для обліку взаємних відносин критеріїв: використання вагових коефіцієнтів, нечіткі відносини переваг, нечіткий логічний висновок на правилах визначення кращої альтернативи і т.п. Основною проблемою багатокритеріального вибору з використанням нечітких моделей є представлення інформації про взаємини між критеріями і способи обчислення інтегральних оцінок.

Методи, що базуються на різних підходах, дають різні результати. Кожен підхід має свої обмеження й особливості, і аналітик повинен одержати про них представлення, перш ніж застосовувати той або інший метод ухвалення рішення.

Методи векторної стратифікації засновані на процедурах побудови структурованого багатокритеріального простору і розбивки його на задане число упорядкованих шарів (страт) [33]. Для цього на безлічі оцінюваних об'єктів задається відношення стратифікації. Це відношення для елементів однієї страти є толерантністю, а для елементів з різних страт – відношенням строгого порядку. Це означає, що усередині страти об'єкти, хоча і можуть відрізнятися за деякими показниками, будуть, проте, майже рівноцінними. Об'єкти, що належать до різних страт, будуть упорядковані за ступенем їхньої відповідності заданій меті (по значимості, пріоритетності).

Методи векторної стратифікації дають можливість проводити комплексну оцінку і вибір кращих з розглянутих об'єктів на основі як кількісної, так і якісної вихідної інформації. При цьому вихідна інформація може бути отримана зі статистики, у результаті моделювання, а також від експертів що залучаються. Система критеріїв комплексного оцінювання формулюється в процесі конкретизації заданої мети. Вирішальне правило комплексної оцінки використовує матриці логічної згортки значень часткових показників (оцінок).

Одним із методів, який використовується для рішення задачі багатокритеріального вибору, є метод, розроблений на початку 1970 року

американським математиком Томасом Сааті [33, 34]. Сааті розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав "Analytic hierarchy process" (АНР). Автори російського видання перевели цю назву як "Метод аналізу ієрархій" (МАІ). Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце завдяки тому, що він одержав винятково широке поширення і активно застосовується. На основі цього методу розроблені потужні системи підтримки прийняття рішень, наприклад "Expert choice"

Метод аналізу ієрархій, запропонований Т. Сааті, є замкнутою логічною конструкцією, що забезпечує за допомогою простих правил аналіз складних проблем у всій їхній розмаїтості. Метод заснований на парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями з використанням дев'ятибальної шкали і наступним ранжируванням набору альтернатив за всіма критеріями і цілям. Взаємини між критеріями враховуються шляхом побудови ієрархії критеріїв і застосуванням парних порівнянь для виявлення важливості критеріїв і підкритеріїв. Застосування МАІ дозволяє включити в ієрархію всі наявні в експерта-аналітика по розглянутій проблемі знання і уяву. Метод відрізняється простотою і дає достатньо високу відповідність інтуїтивним представленням.

Останні властивості методу дозволяють розглядати його як базовий метод рішення багатокритеріальних задач у процесі інформаційно-аналітичної підготовки. Метод також може бути швидко реалізовано на програмному рівні для створення фрагментів автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [33].

До основних переваг МАІ слід віднести такі:

1. Ваги критеріїв та оцінки об'єктів з погляду суб'єктивних критеріїв не назначаються безпосередньо як результат прямого волевиявлення, а на основі попарних порівнянь.
2. Критерії подаються у виді ієрархії. Така структура властива самому поняттю «критерій», тобто критерії з урахуванням їх природи - ієрархічні. Використовуючи лише значення критеріїв, можна спростити



ситуацію, здійснюючи, власне, оцінку або для верхніх рівнів дерева критеріїв, або для найнижчих.

3. МАІ відкритий до подальшої розбудови та вдосконалення, наприклад, адаптація методу до використання в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику [33].

## **2.2 Метод аналізу ієрархій в задачах організації матеріального забезпечення будівництва**

Для наших цілей може бути корисним метод аналізу ієрархій, який знайшов уже багато практичних застосувань і найбільшою мірою відповідає зазначеним вимогам. Це методологічна основа для рішення задач вибору альтернатив шляхом багатокритеріального рейтингування, що представляє собою систематизовану математичну процедуру ієрархічного подання елементів, які ідентифікують певну економічну проблему [34].

Цей метод передбачає декомпозицію проблеми на окремі складові, забезпечуючи її структурування і спрощення з виділенням (побудовою) ієрархії, що містить різні головні цілі, підцілі, критерії або рівні заходів (альтернативи та інвестиційні об'єкти), які підлягають оцінці. Ці оцінки далі відображають у кількісній формі. У результаті може бути виражено відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. МАІ охоплює також процедуру синтезу множинних суджень, отримання пріоритетності критеріїв і знаходження оптимальних (в розумінні компромісних) рішень.

Існує кілька видів ієрархій. Найпростіші – домінантні, представлені у вигляді «дерева цілей». При побудові домінантної ієрархії вважається, що виконується принцип ієрархічної неперервності, згідно з яким елементи нижчого рівня ієрархії є попарно порівняльними між собою з погляду

елементів більш високого рівня. Цей процес неперервно продовжується від вершини ієрархії до її найнижчого рівня (альтернатив).

Відносна перевага (вагомість) різних кількісних та якісних деталізованих критеріїв (показників) визначається окремо для кожного показника (елементу) ієрархічної структури з погляду елемента, який міститься на безпосередньо вищому рівні ієрархії, шляхом зіставлення пар. При цьому повинна виконуватися умова нормування, яка полягає в тому, що сума вагових коефіцієнтів всіх критеріїв будь-якого рівня ієрархії дорівнює одиниці. Якщо виконуються всі згадані вище принципи, то можна обчислити коефіцієнти відносної важливості кожної гілки дерева цілей (див., напр., рис. 2.5).

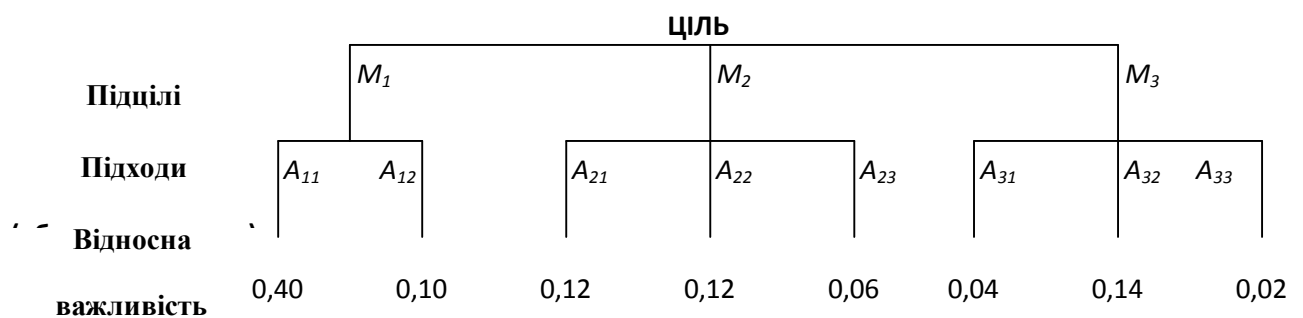


Рисунок 2.5- Дерево цілей з коефіцієнтами відносної важливості

Основне застосування метода – підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції задачі і рейтингування альтернативних рішень.

Можливості метода:

1. Метод дозволяє провести аналіз проблеми. При цьому проблема прийняття рішень представляється у вигляді ієрархічно впорядкованих:
  - Головної цілі (головного критерію) рейтингування можливих рішень.
  - Декілька груп (рівнів) однотипних факторів.
  - Групи можливих рішень.
  - Системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив факторів і рішень.

2. Метод дозволяє провести збір даних про проблему. Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішень має кластерну структуру. Набір можливих рішень і всі фактори, які впливають на пріоритети рішень, розбивається на відносно невеликі групи – кластери. Розроблена в методі аналізу ієрархій процедура попарних порівнянь дозволяє визначити пріоритети об'єктів, що входять в кожний кластер. Для цього використовується метод власного вектору. Таким чином, складна задача збору даних розбивається на ряд простих.
3. Метод дозволяє оцінити суперечливість даних і мінімізувати її. Для цього в МАІ розроблені процедури погодження. Зокрема, є можливість визначити найбільш суперечливі дані, що дозволяє виявити найменш ясні місця проблеми і організувати більш ретельне вибіркоче вивчення проблеми.
4. Метод дозволяє провести синтез проблеми прийняття рішень. Після того, як проведено аналіз проблеми і зібрано дані за всіма кластерами, по спеціальному алгоритму розраховується результативний показник – набір пріоритетів альтернативних рішень. Характеристики цього рейтингу дозволяють здійснити підтримку прийняття рішень. Крім цього, метод дозволяє скласти рейтинги для груп факторів, що дозволяє оцінювати важливість кожного фактору.
5. Метод дозволяє організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу. Думки, що виникають при обговоренні проблеми прийняття рішень, самі можуть в даній ситуації розглядати в якості можливих рішень. Тому МАІ можна застосовувати для визначення важливості обліку думки кожного учасника обговорення.
6. Метод дозволяє оцінити важливість обліку кожного рішення і важливість обліку кожного фактора, які впливають на пріоритети рішень. Величина пріоритету напряду зв'язана з оптимальністю рішення. Тому рішення з низькими пріоритетами відхиляються як несуттєві. Тому якщо при

виключенні деякого фактору пріоритети рішень змінюються незначно, такий фактор можна вважати несуттєвим.

7. Метод дозволяє оцінити стійкість рішення, що приймається.

Переваги методу аналізу ієрархій [34]:

- він поєднує в собі переваги аналітичних та експертних методів;
- забезпечує реалізацію найбільш ефективного способу оцінки кількісно не вимірювальних, але разом з тим важливих факторів для прийняття рішень;
- не передбачає введення обмежень на транзитивність (метод працює з неузгодженими судженнями і не потребує, щоб вибір споживачів або осіб, що приймають рішення (ОПР), відповідали аксіомам корисності);
- дозволяє звести дослідження складних проблем до достатньо простої процедури проведення послідовно попарних порівнянь;
- не передбачає прямого визначення вагових коефіцієнтів для показників, які використовуються в оцінюванні якості рішення задач;
- простий в реалізації, а також не потребує значних фінансових і часових ресурсів на проведення необхідних розрахунків;
- дозволяє розв'язувати задачі з необмеженою кількістю критеріїв.

Умови використання методу [33]:

8. Кваліфікованість експертів, які беруть участь у створенні структури моделі прийняття рішень, підготовки даних та інтерпретації результатів.
9. Модель повинна мати зворотний зв'язок.
10. Метод найкраще підходить для тих випадків, коли основна частина даних заснована на виборі ОПР.
11. Метод дає більш реалістичні результати при моделюванні повільної зміни ситуації, для прийняття стратегічних рішень.
12. Рейтинг можливих рішень повинен мати низьку чутливість до незначних змін даних або структури моделі.

Алгоритм реалізації МАІ в найбільш узагальненому виді включає в себе такі етапи [33,34]:

- 1) формування ієрархії цілей;
- 2) визначення пріоритетів;
- 3) обчислення локальних векторів пріоритетів або факторів зважування;
- 4) перевірка органічності оцінки пріоритетів;
- 5) обчислення пріоритетів цілей і заходів для ієрархії в сукупності.

Певні етапи можуть повторюватися багаторазово, зокрема, при невірній оцінці пріоритетів.

Розглянемо зміст перелічених етапів детальніше.

*Етап 1.* Відбувається декомпозиція цілі в ієрархію, яку в найбільш спрощеному варіанті представлено на рис. 2.6.

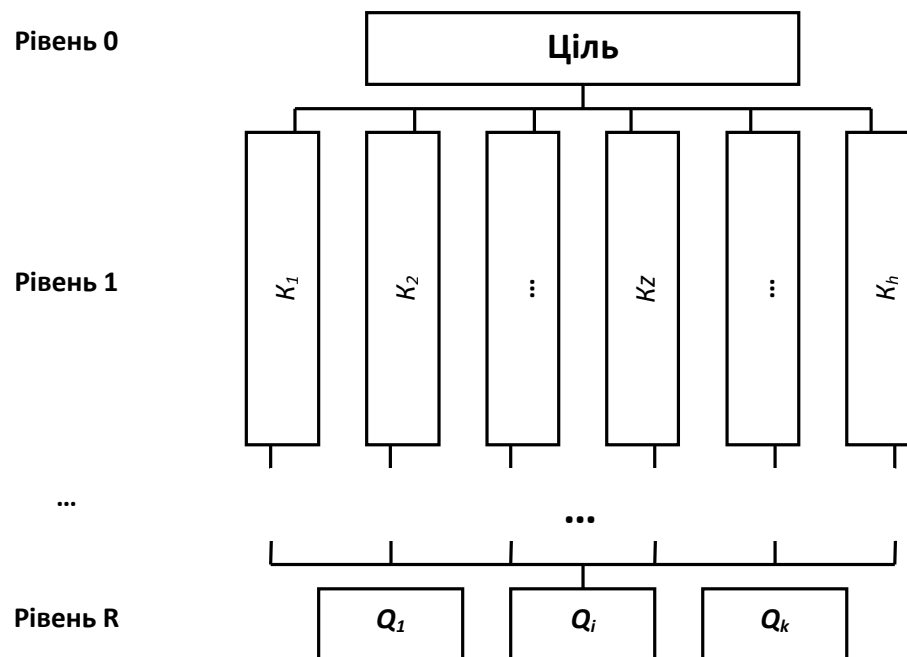


Рисунок 2.6 - Декомпозиція цілі в ієрархію

Багаторівневу структуру, сформовану для реалізації методу аналізу ієрархій, можна інтерпретувати наступним чином: на нульовому (вищому) рівні знаходиться загальна ціль; на першому рівні та наступних рівнях – розташовані деталізовані показники, що розкривають ціль; на  $R$ -му

(нижчому) рівні –  $k$  альтернатив, які повинні бути оцінені по відношенню до критеріїв вищого рівня.

*Етап 2.* Порівняння між собою елементів побудованої ієрархії. Формується матриця, в якій кожний критерій порівнюється за відносною важливістю з усіма іншими. Результати порівняння пар  $r$ -го рівня ієрархії по відношенню до елементів більш високого  $(r-1)$ -го рівня представляють у формі матриці  $V_r$  розмірності  $K_r \times K_r$ ,  $r = \overline{1, R-1}$ , де  $R$  – загальна кількість рівнів у дереві цілей.

Матриця  $V_r$  агрегує бачення експертів відносно взаємної пріоритетності критеріїв. Елементи матриці формуються наступним чином:

$$V_{mn} = \begin{cases} 1 & \text{– однакова важливість критеріїв;} \\ 3 & \text{– помірна перевага } m \text{-го над } n \text{-им;} \\ 5 & \text{– вагома перевага;} \\ 7 & \text{– значна перевага;} \\ 9 & \text{– найсильніша перевага;} \\ 2,4,6,8 & \text{– проміжні значення;} \\ \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \dots & \text{– обернені значення.} \end{cases}$$

Під оберненими значеннями мається на увазі, що в разі, коли елемент матриці з індексом  $mn$  – ціле додатне число від 1 до 9, то елемент з індексом

$nm$  буде оберненим числом:  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}$  або  $\frac{1}{9}$ .

*Етап 3.* Обчислення локальних векторів пріоритетів  $W_r$ . Одним із способів є використання методу визначення власного вектору. Для цього необхідно:

1. Знайти максимальне власне число  $\lambda_r^{\max}$  матриці парних порівнянь  $V_r$ , розв'язавши рівняння (2.1-2.4):

$$\det|V_r - \lambda \cdot E_r| = 0, \quad (2.1)$$

де  $E_r$  – одинична матриця розмірності  $K_r \times K_r$ ,

$\lambda$  - власне число матриці  $V_r$ .

2. Підстановкою  $\lambda_r^{\max}$  в характеристичне рівняння:

$$(V_r - \lambda_r^{\max} \cdot E_r) \cdot W_r = 0, \quad (2.2)$$

за виконання умови нормалізації:

$$\sum_{k=1}^{K_r} w_k^r = 1, \quad (2.3)$$

$$\text{де } V_r = \begin{pmatrix} v_{11}^r & v_{12}^r & \dots & v_{1K_r}^r \\ v_{21}^r & v_{22}^r & \dots & v_{2K_r}^r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{K_r,1}^r & v_{K_r,2}^r & \dots & v_{K_r,K_r}^r \end{pmatrix}, \quad W_r = \begin{pmatrix} w_1^r \\ w_2^r \\ \dots \\ w_{K_r}^r \end{pmatrix}, \quad E_r = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}_{K_r \times K_r}, \quad (2.4)$$

обчислити власний вектор  $W_r$ , який й взяти за локальний вектор пріоритетів  $r$ -го рівня ієрархії.

Локальні вектори пріоритетів  $W_r$  за умови дотримання рівності

$\sum_{k=1}^{K_r} w_k^r = 1$  представляють собою не що інше, як систему ваг розмірністю  $K_r$ .

Дану систему ваг доцільно використовувати при розв'язуванні задачі адитивної згортки інтегрального критерію.

*Етап 4.* Оцінюється однорідність суджень експертів. Необхідність цього етапу визначається тим, що кількісна (кардинальна) та транзитивна (порядкова) однорідність може бути порушена, оскільки людські почуття неможна виразити. Наприклад, при зіставленні критеріїв експерт може показати, що критерій  $A$  має більш високий рівень значущості, ніж критерій  $B$ , критерій  $B$  переважніше за критерій  $B$ , однак  $B$  важливіше, ніж  $A$ . Зокрема, таке може статися, якщо критерії  $A$ ,  $B$ ,  $B$  близькі за рівнем значущості [33].

Однорідність суджень оцінюється індексом однорідності (IO) або відношенням однорідності (BO) у відповідності з наступними виразами (2.5-2.6):

$$IO = \frac{\lambda_{\max} - h}{h - 1}, \quad (2.5)$$

$$BO = \frac{IO}{M(IO)}, \quad (2.6)$$

де  $M(IO)$  - середнє значення (математичне очікування) індексу однорідності випадковим чином складеної матриці парних порівнянь.

Табульовані значення  $M(IO)$  зведені в таблицю 2.1 (див., напр., у [34]).

Таблиця 2.1 - Значення середніх показників  $M(IO_r)$  в залежності від розмірності матриць  $K_r$ .

$K_r$	1;2	3	4	5	6	7	8
$M(IO_r)$	0,0	0,5	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
	0	8	0	2	4	2	1
$K_r$	9	10	11	12	13	14	15
$M(IO_r)$	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	5	9	1	4	6	7	9

Якщо для матриці парних порівнянь відношення однорідності  $BO > 0.1$ , то це свідчить про суттєві порушення логічності суджень, допущеному експертом при заповненні матриці, тому йому пропонується переглянути дані, які використовувалися для побудови матриці, щоб покращити її



однорідність. Якщо відношення однорідності знаходиться в припустимих межах ( $BO \leq 0.1$ ), то відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

*Етап 5.* Це етап ієрархічного синтезу, сутність якого полягає у побудові вектора рейтингових оцінок альтернативних рішень (стратегій) через синтез локальних векторів пріоритету матриць попарних порівнянь часткових цілей, критеріїв тощо. Кожна складова цього вектору вказує, яку порівнювальну значимість має даний елемент по відношенню до елемента вищого рівня, що розглядається, і всіх наступних рівнів, що є умовою для оцінки глобального пріоритету.

Для цього локальні пріоритети альтернатив множать на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні, після цього одержаний добуток множать на пріоритет відповідного критерію на наступному вищому рівні і т.д., поки не дістануться нульового рівня ієрархії (головної цілі). Результати обчислень за всіма ланцюгами побудованого дерева цілей сумують для кожної окремої альтернативи  $Q_i$ . Ця сума й дає глобальний пріоритет елемента  $P_{Q_i}$  (2.7):

$$P_{Q_i} = \sum_{j=1}^J \left\{ \left( \prod_{r=1}^{R-2} w_r \right)_j \cdot w_{R-1,j}(Q_i) \right\}, i = \overline{1, k}, \quad (2.7)$$

де  $P_{Q_i}$  - глобальний пріоритет альтернативи  $Q_i$ ,  $i = \overline{1, k}$ ;

$k$  - кількість альтернатив;

$j, J$  - відповідно номер і загальна кількість критеріїв на передостанньому рівні дерева цілей;

$\left( \prod_{r=1}^{R-2} w_r \right)_j$  - глобальний пріоритет ланцюга дерева цілей для  $j$ -го критерію

$(R-2)$ -го рівня ієрархії;

$w_{R-1,j}(Q_i)$  - відносна значимість альтернативи (стратегії)  $Q_i$  по відношенню до  $j$ -го критерію на останньому  $(R-1)$ -му рівні дерева цілей.

Отриманий вектор можна вважати оцінкою значущості альтернатив. Чим вище ця оцінка, тим важливіше реалізація відповідного управлінського

рішення для досягнення заданої цілі і тим більший пріоритет має відповідний комплекс управлінських дій серед інших альтернативних рішень [33].

На основі отриманого рейтингу ОПР приймає рішення щодо найкращої альтернативи (зовнішнє рейтингове управління). При цьому доцільним є проведення статистичного аналізу інтегральних показників рейтингової оцінки за певні періоди, що дозволяє отримати уявлення про динаміку, яка склалася, виявити «вузькі» місця, та за допомогою методів економічної статистики спрогнозувати майбутні параметри стану системи.

Приблизний план такої перевірки може включати в себе такі етапи:

1. Виявлення факторів та їх складових, що спричиняють негативний розвиток ЕС.
2. Дослідження впливу цих складових у кількісному вираженні.
3. Прогнозування їх майбутніх значень.
4. Виділення групи складових, на які необхідно та можливо оказати вплив.
5. Пошук резервів та важелів, які забезпечать позитивну динаміку цих складових.
6. Розрахунок результуючого значення показника, який аналізується, із розбивкою по факторам, що забезпечуватимуть його рівень.
7. Аналіз плану на стійкість. Дослідження цих факторів, обґрунтованості їх залучення, зовнішнього середовища та спроможності ЕС їх застосовувати. Якщо за даних умов план виявляється неприйнятним, то процес повторюється з п.4 при змінених параметрах.

Необхідність перевірки рейтингу на стійкість зумовлена специфікою діяльності ЕС, залежністю від державного впливу, станом конкуренції в галузі і т.ін. А через те, що майже усі економічні важелі мають двобічну природу (один і той же важіль може як покращити стан ЕС, так і при некоректному застосуванні погіршити його), неперевірений рейтинг, покладений в основу прийняття управлінських рішень, спроможний справити протилежний запланованому ефект.

### **3. УДОСКОНАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В РОЗРІЗІ ЙОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПІДГРУНТІ ГАЛУЗІ ЗНАНЬ ЛОГІСТИКА**

#### **3.1 Планування матеріального забезпечення будівельних організацій на базі управління логістичними системами із застосуванням методів рейтингового та сітьового моделювання**

Підрозділ, що займається логістикою на підприємстві тісно взаємодіє з підрозділами планування виробництва. Це обумовлено тим, що виробництво залежить від своєчасної доставки сировини, матеріалів, комплектуючих виробів в необхідній кількості і певної якості. Відповідно, фахівці з логістики, що забезпечують проходження наскрізного матеріального потоку (отже, і організацію постачання підприємства), повинні брати участь в ухваленні рішень про впровадження продукції у виробництво [17, 18, 19, 37].

З іншого боку, логістика взаємодіє з виробництвом в процесі організації збуту готових виробів. Управління матеріальними потоками в процесі реалізації і володіння вичерпною інформацією про ринок збуту, фахівцями з логістики, потребує участі у формуванні графіків випуску готової продукції.

Однією з функцій служби логістики є доставка сировини та комплектуючих безпосередньо на робочі місця будівельного майданчика і переміщення виготовленої продукції у місця зберігання. Неврегульованість взаємодія виробництва з логістикою при реалізації цієї функції призводить до збільшення запасів на різних ділянках, створює додаткове навантаження на виробництво [45]. Визначення оптимального рівня якості, а також контроль за його дотриманням – також спільне завдання служби логістики підприємства і служби планування виробництва.

Світовий досвід показує, що найефективніше вкладення фінансів у вдосконалення будівництва, реконструкцію об'єктів, модернізацію і реконструкцію підприємства – це вкладення в організацію, планування і управління [17, 18]. На наш погляд, актуальним на сьогодні є застосування на підприємствах України методів управління розвитку виробництва (РВ). Аналіз міжнародного досвіду показує, що при управлінні РВ терміни їх здійснення скорочуються в середньому на 20–30%, а витрати зменшуються на 10–15% . Отже, найзагальніше визначення управління РВ можливо сформулювати як «управління змінами».

Раціональні програми розвитку будівельного комплексу (ПРБК) повинні враховувати реальні результати досягнень науково-технічного прогресу, направлені на вдосконалення технології будівельного виробництва і економію витрат матеріальних ресурсів, оптимального руху матеріальних та інформаційних потоків, на подальшу економію собівартості заходів, що у результаті веде до максимізації економічного ефекту.

Загальносистемні положення управління ПРБК засновані на інтерпретації проекту, як зміни початкового стану деякої виробничо-економічної системи, пов'язаної з витратами часу і ресурсів. Процес цих змін буде управлінням РВ, якщо вони здійснюються за здалегідь розробленим алгоритмом, що враховує цільові установки, а також тимчасові і ресурсні обмеження. За існуючими даними 97,5% компаній в США і Канаді використовують формалізовані підходи до управління проектами РВ, а 22,5% компаній використовують повністю проектно-орієнтований підхід для всіх своїх проектів РВ [1, 35, 37, 42, 43].

Управління ПРБК - це організація, управління, координація матеріальними, інформаційними, фінансовими та людськими потоками-ресурсами, що здійснюється за допомогою системи сучасних методів і техніки управління з метою досягнення визначених результатів з рішення організаційних, економічних та виробничих завдань окремо, та в комплексі (в цілому) при цьому простежується якість і задоволення потреб учасників

програми розвитку будівельного комплексу [19, 20, 25, 27, 28, 31, 32, 35, 37, 38].

Комплекс завдань ПРБК для досягнення поставлених цілей повинен охоплювати наукове обґрунтування і розробку принципово нових або впровадження раніше розроблених методів, які дозволять прийняти рішення з комплексної багатоцільової оцінки і вибору вдалих варіантів для широкого практичного застосування .

Поширеними методами і засобами для досягнення цілей вважається:

- математичні моделі і математичне забезпечення;
- організаційне, інформаційне і нормативне забезпечення;
- засоби обчислювальної техніки;
- автоматизовані системи комплексної організації та управління.

Одним із методів, який використовується для рішення задачі багатокритеріального вибору, є метод, розроблений на початку 1970 року американським математиком Томасом Сааті [33, 34]. Сааті розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав "Analytic hierarchy process" (АНР). Автори російського видання перевели цю назву як "Метод аналізу ієрархій" (МАІ). Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце завдяки тому, що він одержав винятково широке поширення і активно застосовується. На основі цього методу розроблені потужні системи підтримки прийняття рішень, наприклад "Expert choice"

Метод аналізу ієрархій, запропонований Т. Сааті, є замкнутою логічною конструкцією, що забезпечує за допомогою простих правил аналізу складних проблем у всій їхній розмаїтості. Метод заснований на парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями з використанням дев'ятибальної шкали і наступним ранжируванням набору альтернатив за всіма критеріями і цілями. Взаємини між критеріями враховуються шляхом побудови ієрархії критеріїв і застосуванням парних порівнянь для виявлення важливості критеріїв і підкритеріїв. Застосування МАІ дозволяє включити в ієрархію всі наявні в експерта-аналітика по

розглянутій проблемі знання і уяву. Метод відрізняється простотою і дає достатньо високу відповідність інтуїтивним представленням.

Останні властивості методу дозволяють розглядати його як базовий метод рішення багатокритеріальних задач у процесі інформаційно-аналітичної підготовки. Метод також може бути швидко реалізовано на програмному рівні для створення фрагментів автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [33].

До основних переваг МАІ слід віднести такі:

- Ваги критеріїв та оцінки об'єктів з погляду суб'єктивних критеріїв не назначаються безпосередньо як результат прямого волевиявлення, а на основі попарних порівнянь.
- Критерії подаються у виді ієрархії. Така структура властива самому поняттю «критерій», тобто критерії з урахуванням їх природи - ієрархічні. Використовуючи лише значення критеріїв, можна спростити ситуацію, здійснюючи, власне, оцінку або для верхніх рівнів дерева критеріїв, або для найнижчих.

МАІ відкритий до подальшої розбудови та вдосконалення, наприклад, адаптація методу до використання в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику [34].

Для управління ПРБК на основі процесу інформаційно-аналітичної підготовки раціональніше застосовувати сучасні методи та моделі формування логістичних систем, які базуються на сітьовому моделюванні.

На основі сітьових моделей можливо змоделювати у взаємозв'язку весь процес на макрорівні, провести його інформаційний аналіз, відповідний встановленим критеріям і правилам вибору, здійснити пошук найбільш ефективного варіанта. Важливою відмінністю сітьових моделей від лінійного програмування є те, що вони дозволяють проводити коректування обсягів виконуваних робіт. Сітьові моделі дозволяють досліджувати ПРБК без зміни топологічної структури графа [28, 31].

Для опису, аналізу і оптимізації розвитку будівельного комплексу на макрорівні найбільш відповідними виявилися сітьові моделі, що є різновидом орієнтованих графів [1, 2, 44].

Сітьовою моделлю (інші назви: сітьовий графік, сіть) називається економіко-комп'ютерна модель, що віддзеркалює комплекс робіт (операцій) і подій, пов'язаних з реалізацією деякого ПРБК (науково-дослідницького, виробничого і ін.), в їх логічній і технологічній послідовності та зв'язку [28].

Математичний апарат сітьових моделей базується на теорії графів.

Основою сітьового планування і управління є сітьова модель (СМ), в якій моделюється сукупність взаємопов'язаних робіт і подій, що є складовими процесу досягнення певної мети.

Розширення меж використання методів сітьового аналізу дозволяє [28]:

- 1) побудувати модель складної системи як сукупності простих систем;
- 2) визначити формальні процедури якісних характеристик системи;
- 3) розробити механізм взаємодії компонентів системи, що управляє, з метою встановлення основних характеристик;
- 4) визначити, які дані необхідні для дослідження системи;
- 5) провести початкові дослідження системи, що управляє, і скласти попередню послідовність роботи її компонентів.

Основна цінність сітьового підходу полягає в тому, що він може бути успішно застосований до рішення практично будь-якої задачі, коли дослідник володіє необхідними знаннями і здатністю точно побудувати сітьову модель [28, 31].

Переваги використання сітьових моделей можна сформулювати таким чином [28, 31]:

- 1) сітьові моделі можуть точно описати багато реально існуючих систем (транспортну, постачальну, виробничу, збутову);
- 2) для людей, що не займаються науковою роботою, сітьові моделі є більш зрозумілішими, ніж будь-які інші моделі, що використовуються при дослідженні операцій;

- 3) сітьові алгоритми дозволяють знаходити найбільш ефективні рішення при вивченні деяких великих систем;
- 4) в порівнянні з іншими методами оптимізації сітьові алгоритми нерідко дозволяють вирішувати завдання із значно більшою кількістю перемінних і обмежень. Це стає можливим завдяки тому, що при використанні методів сітьового аналізу часто вдається обмежитися вивченням лише частини даної системи.

З погляду теорії графів, сітьова модель розглядається як кінцевий граф  $G(U, A)$ , що складається з безлічі вершин  $U$  ототожнених з подіями, і безлічі дуг  $A$ , ототожнених з видами робіт [28].

На практиці основні показники ПРБК: тривалість, вартість, продуктивність праці, витрата ресурсів – значно відхиляються від запроєктованих. Наприклад, майже половина об'єктів будівництва завершується з відставанням від запланованих термінів (величина відставання від 10 до 100%). У зв'язку з цим в числі найбільш актуальних проблем у нас в країні і за кордоном є можливість обліку матеріально-технічного забезпечення з урахуванням логістичної концепції «точно – вчасно».

### **3.2 Моделі потоків матеріального забезпечення будівельного виробництва на базі формування транспортно-логістичної системи будівельного комплексу**

Перехід до ринкових відносин супроводжується глибокими перетвореннями як в самих будівельних системах, так і в середовищі їх функціонування. Соціально-економічні перетворення стали причиною різкого зростання невизначеності для будівництва зовнішнього середовища. Для багатьох будівельних організацій немає гарантованих поставок і фондів.



Централізований розподіл здійснюється тільки за окремими видами продукції.

Важлива роль у своєчасному і якісному виконанні робіт покладена на комерційні організації, що організують закупівлю матеріальних ресурсів. Невиконання зобов'язань з матеріально-технічного забезпечення породжують цілу низку негативних факторів: зриваються графіки будівництва, втрачається робочий час працівників, простоює будівельна техніка, зростає вартість будівництва, втрачається авторитет фірми [1, 2, 44].

Тому управління розвитком будівельного комплексу полягає, перш за все, в зміні пріоритетів між різними видами господарської діяльності будівельних систем на користь посилення значущості діяльності управління матеріальними, інформаційними і фінансовими потоками.

Існуюча система виробничо-технологічної комплектації об'єктів будівництва має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити недостатній зв'язок із заводами-постачальниками і транспортними організаціями. Щоб вдосконалити цей зв'язок, забезпечити ефективну взаємодію в процесі комплектації будівництв матеріалами, виробами заводів-постачальників будівельних організацій, необхідна інженерна підготовка комплектації. Як будь-яка форма інженерної підготовки виробництва виробничо-технологічна комплектація повинна починатися з формування логістичної системи.

Логістична система - сукупність дій учасників ланцюга будівельного комплексу (підприємств-виробників, транспортних, торговельних організацій, будівельних організацій), побудованих так, щоб виконувалися основні завдання по активізації програм розвитку будівельного комплексу і його матеріально-технічної бази [1, 30, 44].

Логістичні системи дуже різноманітні по охопленню діяльності підприємства. Для деяких логістика це просто вміння працювати з базами даних, для деяких - постачальницька або складська діяльність. Але по своєму призначенню (а головне її призначення - зменшення витрат за умови

виконання планових завдань, а отже збільшення ефективності виробничої діяльності) логістичні системи повинні охоплювати практично усі (окрім бухгалтерських, кадрових і т. п.) напрями діяльності [17, 18, 45].

Відштовхуючись від проведеного аналізу концепцій логістики : "Requirements / resource planning" - RP ("планування потреб / ресурсів") включає (MRP - Materials requirements planning, DRP (distribution requirements planning), MRPII - Manufacturing resource planning); JIT("Justin time") "точно-вчасно", EOQ МОДЕЛЬ, "Lean production" - "Худе виробництво", концепції ROP - rules based reorder; QR - quick response; CR - continuous replenishment; AR - automatic replenishment) і мікрологістичні системи KANBAN, MRP, OPT. Вибравши ті які в комплексі дозволяють вирішувати завдання функціонування будівельного комплексу. Рішення завдань на практиці зводиться до управління декількома компонентами, які складають так званий "logistics mix" будівельного комплексу.

Компанії можуть розвивати власні логістичні підрозділи, де самостійно вирішуються логістичні питання пов'язані з організацією і управлінням перевезеннями, облік і управління запасами, комплектація, складське зберігання, зв'язок (можливість отримання як кінцевої, так і проміжної інформації в процесі матеріалоруку).

У цьому розділі розглядається рішення задач з урахуванням одного з компонента "logistics mix" будівельного комплексу - організацією і управлінням перевезеннями.

За рішення цієї задачі відповідає транспортна логістика.

Транспортна логістика це система по організації доставки, а саме по переміщенню яких-небудь матеріальних ресурсів з однієї точки в іншу з урахуванням принципу оптимізації. Детальнішими функціями цієї логістики є - 1) класифікація постачальників, 2) цінова політика.

Під транспортно-логістичною системою - сукупність об'єктів і суб'єктів виробничої і логістичної інфраструктури разом з матеріальними, фінансовими і інформаційними потоками між ними, що виконує функції

транспортування, зберігання, розподілу товарів, а також інформаційного супроводу товарних потоків [21].

Щоб транспортно-логістична система будівельного комплексу могла чітко функціонувати, потрібно побудувати (створити) відповідну структуру, яка буде відповідати матеріально-технічному забезпеченню будівельного виробництва, згідно технології ті організації. Тобто знайти оптимальне рішення задачі закріплення об'єктів будівництва за заводами будіндустрії, використовуючи базу управління транспортно-логістичної системи.

Матеріали і вироби від кожного постачальника доставляються на об'єкт у вигляді рейсових (транспортних) комплектів, після надходження яких на будівництво формується технологічний комплект. Під рейсовим комплектом розуміється частина повного комплексу, що доставляється на будівництво одним транспортним засобом за один рейс. Розробка рейсових комплектів є однією з основних цілей транспортно-технологічної служби [37, 42, 43].

Вантажовідправники, що виступають як підприємства будівельної індустрії бази комплектації, зацікавлені в якнайшвидшому відвантаженні повних комплектів.

Вантажоодержувачі зацікавлені в своєчасному отриманні необхідних технологічних комплектів матеріалів, виробів і конструкцій, в строго визначений, пов'язаний з технологією зведення об'єктів, час.

Транспортні організації, у свою чергу, піклуються про ефективне використання транспортних засобів, оскільки основним показником їх роботи є обсяг перевезень, вантажообіг і валовий дохід. Орієнтуючись на ці показники, транспортні організації не зацікавлені в розробці раціональних варіантів доставки комплектів матеріалів і виробів від постачальників на будівництво.

Забезпечення ефективної роботи кожної технологічної ланки, що бере участь в доставці вантажів на будівництво, і усунення недоліків на завершальному етапі комплектації об'єктів будівництва матеріальними

ресурсами досягається розробкою транспортно-технологічної документації у вигляді транспортно-технологічних карт або самостійного проекту організації транспорту [44].

Це дозволяє розширити горизонтальні господарські зв'язки між підприємствами будівельного комплексу і будівельними організаціями, який в кожному регіоні функціонує як транспортно-будівельний комплекс.

Логістична діяльність в будівництві носить інтегрований характер і, як правило, відбувається в межах комплексуально-транспортно-будівельного комплексу (КТБК). Успіх в будівельному бізнесі залежить не тільки від результатів діяльності окремої будівельної організації, але і від її партнерів-постачальників [44].

Однією з особливостей логістики в будівельному виробництві є спільна діяльність учасників КТБК при просуванні матеріалів і виробів від постачальників до замовників.

Одне із завдань логістизації будівництва, а саме просування матеріального потоку (будівельний матеріал, конструкції, деталі, напівфабрикати) від постачальника на приоб'єктні майданчики будівництва дозволяє вирішити один з методів лінійного програмування – транспортна задача, але вона має класичний вигляд.

Тому загальну задачу вибору постачальника необхідно вирішуватися використовуючи також метод аналізу ієрархій, який дозволить класичну задачу представити у вигляді абстрактної моделі.

Запропонований метод полягає в конструюванні моделі, на основі підтримки прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції задачі і рейтингування альтернативних рішень.

Можливості метода описані у розділі 2.

*Використовуємо алгоритм реалізації MAI в найбільш узагальненому виді який описано у розділі 2.*

Розглянемо у загальному вигляді таке завдання на прикладі.

У стандартній постановці завдання задані  $m$  пунктів постачання, з яких продукція (матеріальний потік) може транспортуватися в кожен з  $n$  пунктів споживання. Продуктивність  $i$ -го пункту постачання дорівнює  $A_i$ , а споживання  $j$ -го пункту –  $B_j$ . Значення  $A_i$  і  $B_j$  – фіксовані в заданому періоді планування. Вартість перевезення одиниці продукції з пункту  $i$  до пункту  $j$  не залежить від кількості вантажу, що перевозиться, і дорівнює  $C_{ij}$ . Класична транспортна задача. Але для покращення (удосконалення) її рішення для вибору постачальників використаємо МАІ. Для заданого відрізка планування потрібно визначити схему перевезення продукту, за яким загальні транспортні витрати є мінімальними. Візьмемо до уваги, що перевозиться один вид продукції [1].

Графічна інтерпретація загальної задачі показана на рисунку 3.1.

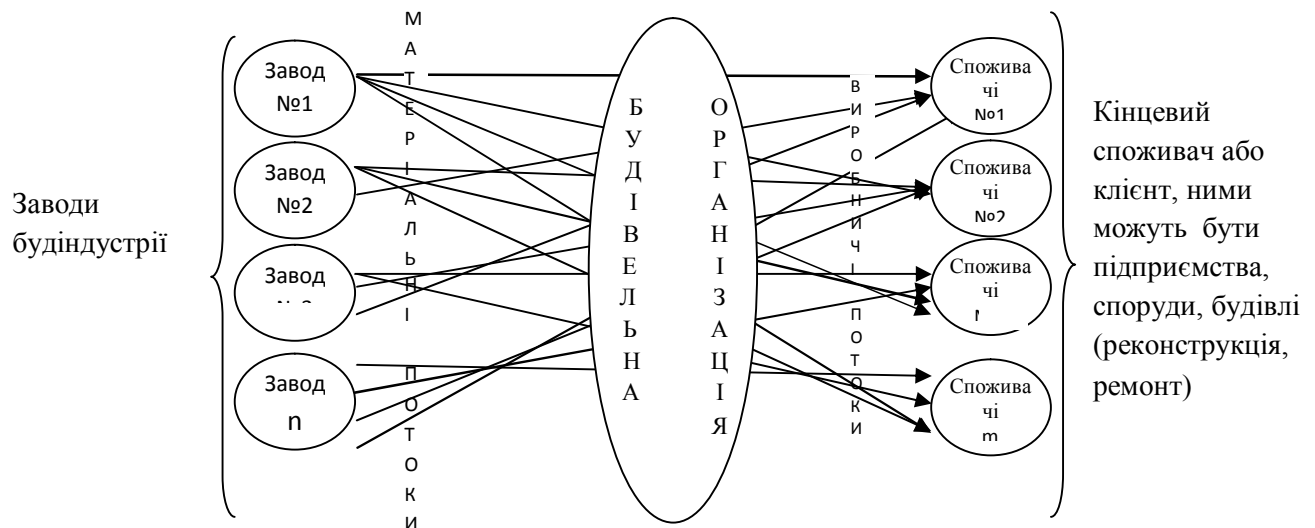


Рисунок 3.1 – Типова спрощена схема транспорто-логістична система

Завдання по вибору постачальника буде мати наступну модель ієрархії враховуючи альтернативи та критерії (рис.3.4) [1].

Грунтуючись на досвіді В. І. Сергієва, який проводить вибір постачальників згідно з набору з п'яти головних критеріїв: 1) якість, куди відноситься і відповідність специфікаціям, і відповідність споживчим очікуванням, і відсоток браку; 2) надійність постачальника, включаючи чесність, обов'язковість, фінансову стабільність і багато що інше; 3) ціна з

урахуванням усіх витрат, пов'язаних з постачанням; 4) якість обслуговування, куди відноситься рівень післяпродажного обслуговування і швидкість реакції на вимоги, що змінюються, і обставини; 5) умов платежу і можливість позапланових постачань. Усі ці критерії можуть мати абсолютно різний сенс для різних ситуацій, і для отримання кількісних оцінок. Гідністю такого набору критеріїв можна вважати те, що він підходить і для оцінки нового постачальника і для оцінки на підставі досвіду співпраці, тільки процедура оцінювання базуватиметься на різних джерелах інформації.

Дослідження праць Лайсонс і Джиллінгем, де приводиться різні набори критеріїв для нових постачальників і тих, з ким у покупця є досвід співпраці. Для нових постачальників вони вважають обов'язковими включити в набір сім критеріїв: 1) фінанси, що, судячи по опису, має на увазі цілком звичний аналіз фінансового стану на підставі відкритої звітності; 2) виробничої потужності і устаткування; 3) людські ресурси; 4) якість в широкому розумінні підходу TQM; 5) результатів діяльності; 6) захист довкілля і етичні норми; 7) інформаційних технологій.

Для ситуації оцінки діяльності постачальника на підставі досвіду співпраці Лайсонс і Джиллінгем наводять приклад використання набору з чотирьох комплексних критеріїв, кожному з яких привласнюється однакова вага: 1) якість; 2) ціна; 3) постачання; 4) партнерство. Кожен з цих показників розраховується як комбінація безпосередньо вимірних складових, яким можуть привласнюватися різні ваги. Складові - це статистика окремих аспектів співпраці з постачальником. Наприклад, до складу показника "якість" входить статистика за такими показниками, як: кількість браку за період, кількість браку в перерахунку на одиницю постачання, і так далі.

Відштовхуючись від проведених досліджень в області критеріїв вибору постачальника. Ми взяли основні на наш розсуд, при цьому кількість критеріїв можна міняти. Отже наші постачальники і їх критерії вибору.

Критерії:

1. Спеціалізація (С)

2. Якість (Q)
3. Резервна потужність (RP)
4. Надійність поставок (N)
5. Статус фінансування (F)
6. Ціна (Z).

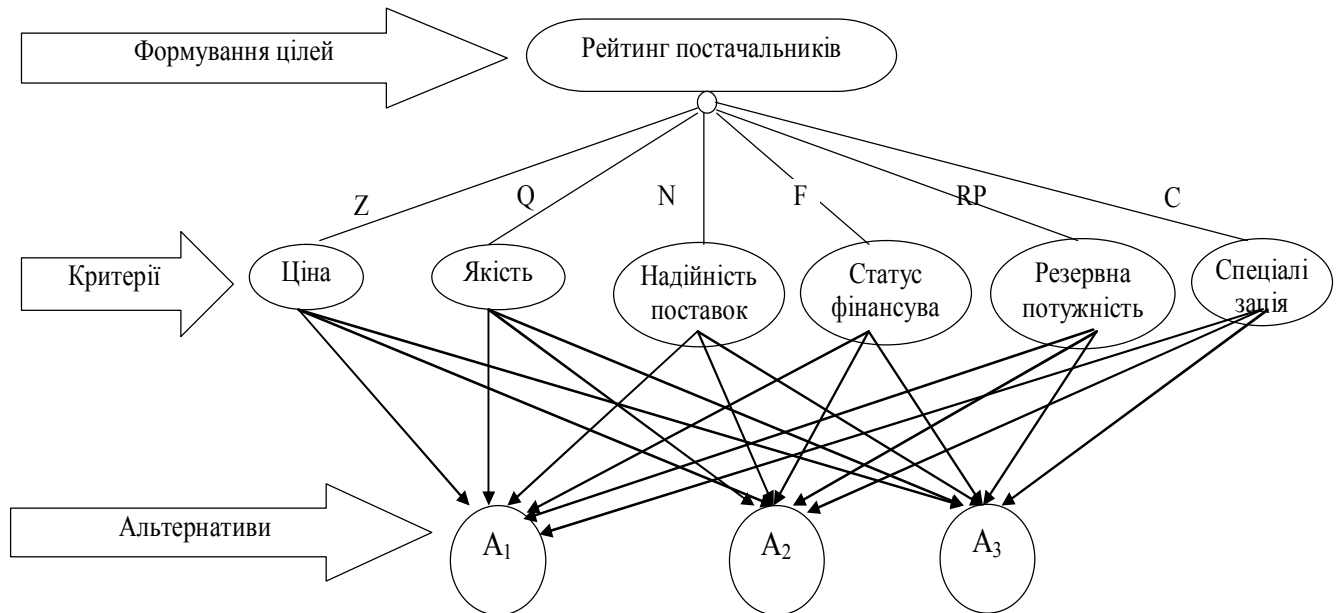


Рисунок 3.2. Дерево цілей для задачі моделювання рейтингу постачальників [1]

На попередньому етапі нами було виділено 6 критеріїв, за допомогою яких можна охарактеризувати постачальників, тим самим комплексно оцінити порівнювану значимість потенційних постачальників.

Ієрархія, яка побудована на першому етапі, є моделлю, яка відображає проведений нами аналіз найбільш важливих елементів і їх взаємовідносини.

Другим етапом побудови рейтингу постачальників саме й є надання ваги окремим критеріям. Найпоширенішим методом порівняння є метод попарних порівнянь, згідно з яким будується множина матриць попарних порівнянь елементів ієрархічної структури, що містяться на певному рівні ієрархії (окрім інтегрального) з погляду сили їх дії на елемент вищого рівня, який деталізує порівнювані елементи. Значимість при цьому інтерпретується по відношенню до цільових критеріїв як внесок у досягнення головної цілі.

При цьому скористаємося методом парних порівнянь із шкалою оцінки елементів, запропонованою Т. Сааті, представлену в табл. 3.2 [33, 34].

Якщо ваги (інтенсивності) елементів ієрархії невідомі, то попарні порівняння здійснюються на основі суб'єктивних суджень, що чисельно оцінюються за певною шкалою. Необхідною умовою є те, що ОПР надає всім параметрам єдине вимір'яне за відносною шкалою значення  $v$ , яке показує, в скільки разів один параметр більш значиміший ніж інший, по відношенню до конкретного елемента наступного вищого рівня ієрархії [33].

Таблиця 3.1 Дев'ятибальна шкала порівняння альтернатив за Т. Сааті

Інтенсивність (вага) відносно важливості	Якісна оцінка	Пояснення
1	Однаково важливі	Обидва елементи вносять однаковий внесок щодо досягнення кінцевої цілі
3	Не набагато важливіший	Існують висловлювання відносно пріоритету одного елемента щодо іншого, але ці висловлювання досить непереконливі
5	Суттєво важливіший	Існують достатньо переконливі докази та логічні критерії, що один за елементів є важливішим (вагомішим)
7	Значно важливіший	Існують переконливі докази великої значущості одного елемента порівняно з іншим
9	Абсолютно важливіший	Усвідомлення пріоритету одного елемента щодо іншого максимально підтверджується
2, 4, 6, 8	Проміжні оцінки між двома сусідніми судженнями	Потрібен певний компроміс
$1/v, v = 1, \dots, 9$	Обернені значення ненульових оцінок	Якщо елементу $i$ при порівнянні з елементом $k$ надається одна з ненульових інтенсивностей, то елементу $k$ при порівнянні з $i$ надається обернене значення цієї інтенсивності
0	Непорівнянність	Немає сенсу в порівнянні елементів

Скористаємося таблицею 3.2 і побудуємо матрицю парних порівнянь для виділених нами дев'яти критеріїв. Результати порівнянь представлені в табл. 3.3.



Знайдемо локальний вектор пріоритетів  $W=(w_1, \dots, w_9)$  за умови дотримання рівності  $\sum_{i=1}^9 w_i = 1$ . Фактично даний вектор виступає системою ваг розмірністю «9». Скористаємося методикою знаходження вектора локальних пріоритетів за формулами (2.1)-(2.4).

Оцінимо однорідність суджень індексом однорідності ( $I_U$ ), скориставшись формулою (2.5).

Обчислюємо тепер відношенням однорідності ( $B_U$ ) у відповідності з формулою (2.6).

Таблиця 3.2 - Матриця парних порівнянь значимості критеріїв для задачі вибору постачальників

Порівнювані критерії	Ціна	Якість	Надійність поставок	Статус фінансування	Резервна потужність	Спеціалізація (асортимент)
Ціна	1	3	3	4	7	5
Якість	1/3	1	1	3	3	2
Надійність поставок	1/3	1	1	1/3	1/2	3
Статус фінансування	1/4	1/3	3	1	4	1/3
Резервна потужність	1/7	1/3	2	1/4	1	1/3
Спеціалізація (асортимент)	1/5	1/2	1/3	3	3	1

Знаходження вектору пріоритетів у вигляді таблиці 3.4:

Згодом з проведення обчислень отримали загальну оцінку кожного постачальника  $A_1=0,36$ ;  $A_2=0,32$ ;  $A_3=0,31$ .

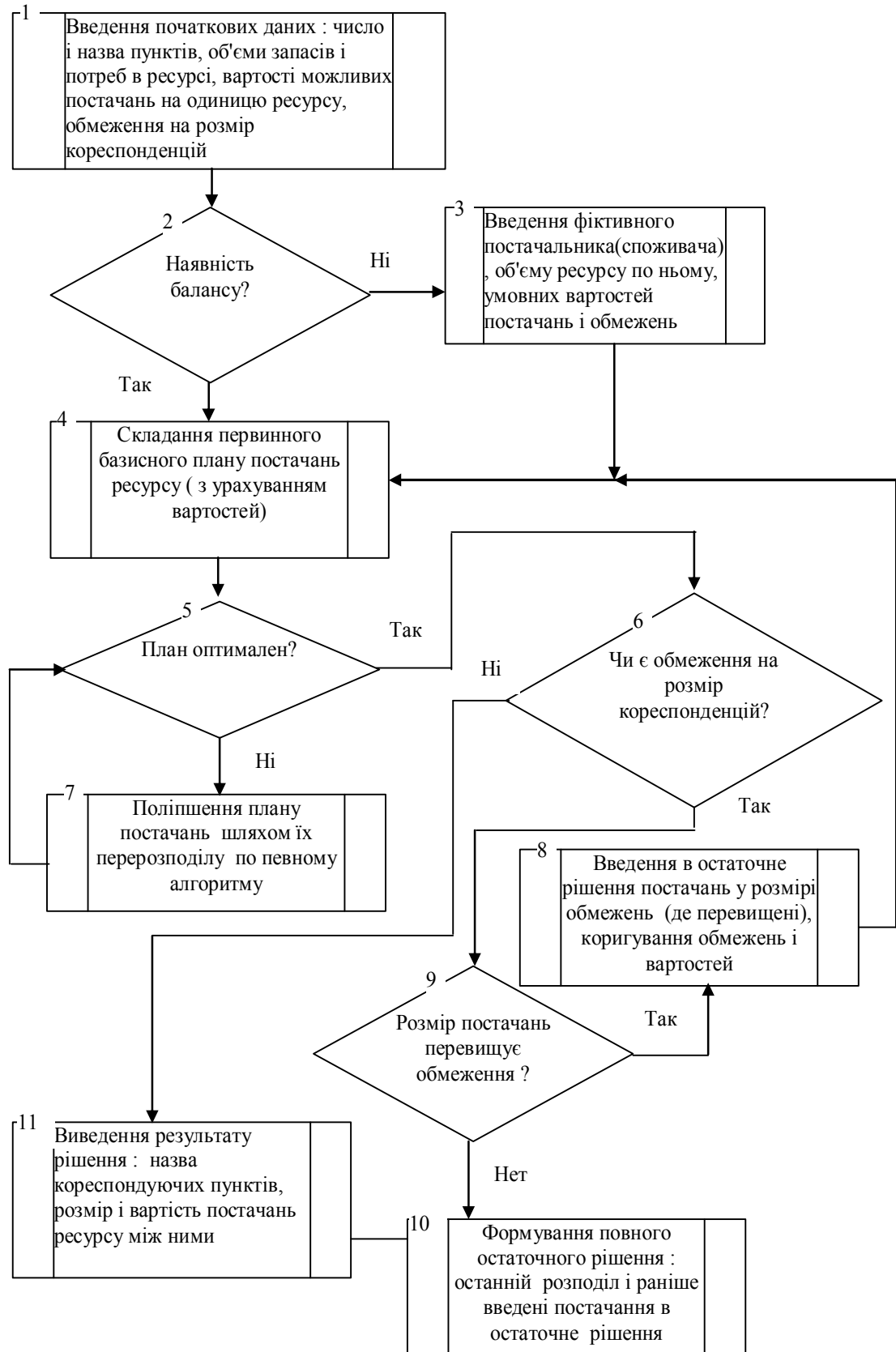


Рисунок 3.3 – Загальна схема алгоритму рішення задачі руху матеріального потоку матеріальних ресурсів [1]

Таблиця 3.19 Пошук оптимального варіанта розміщення замовлення

Варіанти постачальників і їх потужності	Споживачі і їх попит			
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
	2700	2500	6500	3300
$A_1$ 8200	$(58+850) \cdot 0,36$	$(65+850) \cdot 0,36$	$(63+850) \cdot 0,36$	$(54+850) \cdot 0,36$
$A_2$ 7800	$(60+960) \cdot 0,32$	$(55+960) \cdot 0,32$	$(56+960) \cdot 0,32$	$(59+960) \cdot 0,32$
$A_3$ 9000	$(78+1050) \cdot 0,31$	$(68+1050) \cdot 0,31$	$(70+1050) \cdot 0,31$	$(66+1050) \cdot 0,31$
25000>15000				

Таблиця 3.20 Вихідні дані для рішення завдання з таблиці 3.19

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	0
2	1	3	7800	0	0	0
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	0
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	0
7	2	8	9999	0	325	0
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	0
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	0
17	6	9	2500	0	0	0
18	7	9	6500	0	0	0
19	8	9	3300	0	0	0
20	9	1	25000	15000	0	0

Таблиця 3.21 Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	7200
2	1	3	7800	0	0	7800
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	2700
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	1200
7	2	8	9999	0	325	3300
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	2500

10	3	7	9999	0	325	5300
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	2700
17	6	9	2500	0	0	2500
18	7	9	6500	0	0	6500
19	8	9	3300	0	0	3300
20	9	1	25000	15000	0	15000

Таблиця 3.22 Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	0
2	0
3	2
4	0
5	327
6	327
7	327
8	325
9	327

Цільова функція: 4882800

Отримані результати відкритої транспортної задачі в програмі «ПОТІК v1.1» достовірніші і відповідають логіці рішення поставленої задачі, це свідчить про те, що програма має низку обмежень і критерії більш розширеного спектра.

Розшифровка результатів оптимального рішення показана на рис. 3.5

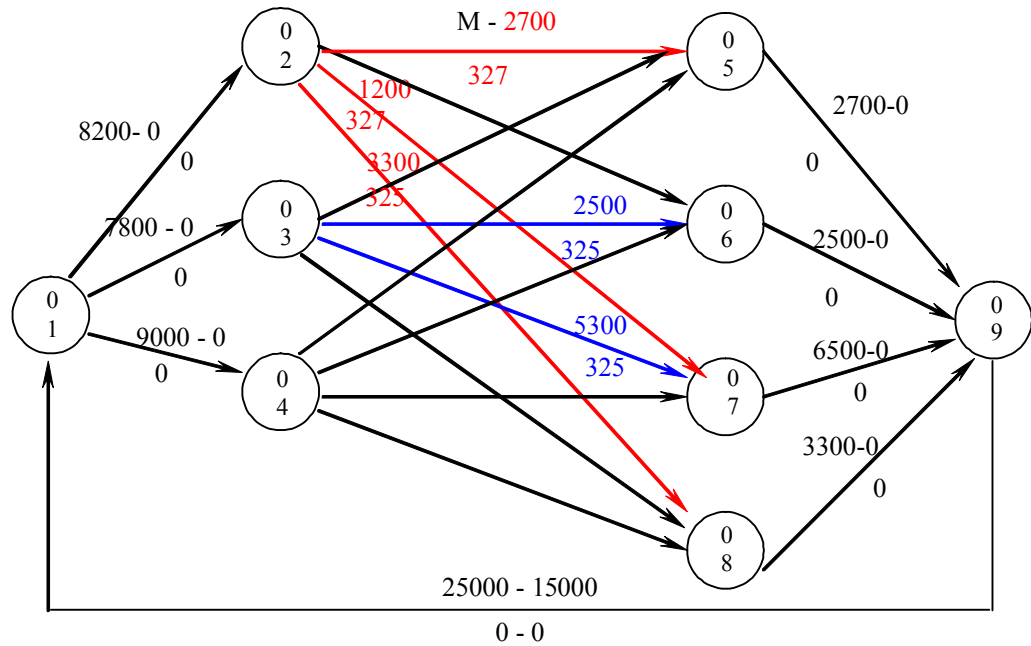


Рисунок 3.5 – Оптимальне рішення

При рішенні класичної задачі було визначено оптимальний план перевезення продукції, або оптимальний план закріплення будівельних майданчиків (об'єктів) за заводами будіндустрії з урахуванням Методу аналізу ієрархій.

Для прикладу розглянемо ще одну транспортну задачу з правильним, закритим балансом де сумарний об'єм поставок дорівнює сумарному об'єму споживання.

Приклад. Постановка транспортної задачі з правильним балансом

Однорідний вантаж, або один вид продукції: цегла, залізобетонні конструкції і т.і., що знаходяться в  $m$  пунктах відправлення (виробництва) позначених, як  $A_1, A_2 \dots A_m$  відповідно в кількостях  $a_1, a_2 \dots a_m$  одиниць, потрібно доставити в кожен з  $n$  пунктів призначення (споживання) позначених, як  $B_1, B_2 \dots, B_n$  відповідно в кількостях  $b_1, b_2 \dots, b_n$  одиниць. Вартість перевезення (тариф) одиниці продукції з  $A_i$  у  $B_j$  відома для всіх маршрутів  $A_i B_j$  і  $(C_{ij} + c_{ij}) \cdot \eta_{ij}$  ( $i=1, m; j=1, n$ ). Потрібно скласти такий план перевезень, при якому весь вантаж з пунктів відправлення вивозиться без

залишків і запити всіх пунктів споживання задовольняються (закрита модель), що описується формулою (3.9) [11, 15, 21]:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (3.9)$$

Для заданих умов планування необхідно розробити схему перевезення вантажів за якою сумарні транспортні витрати мінімальні.

Математична інтерпретація моделі транспортної задачі така.

Цільова функція за критерієм мінімізації аналогічна формулі (3.8):

$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min$$

де,  $\overline{i=1, m}$  – кількість постачальників;

$\overline{j=1, n}$  – кількість споживачів.

За умовами що відповідають формулі (3.8)

$$\begin{cases} f_{ij} \leq A_i & i = 1, 2, \dots, m \\ f_{ij} \geq B_j & j = 1, 2, \dots, n \\ f_{ij} > 0 & \text{для всіх } (i, j) \in A \end{cases}$$

Вважатимемо будь-який план перевезень допустимим, якщо він задовольняє системам обмежень і вимогам позитивності.

Допустимий план, називатимемо опорним, якщо в ньому членів відмінних від нуля не більше  $m+n-1$  базисних перевезень, а решта перевезень рівна 0.

План називатимемо оптимальним, якщо він, серед всіх допустимих планів, приводить до мінімальної сумарної вартості перевезень.

Оскільки транспортна задача є задачею лінійного програмування, то її можна вирішувати сімплекс-методом, але через свою особливість її можна вирішити набагато простіше.

Рішення задачі виконаємо у два етапи:

1. Визначимо опорний план;
2. Знайдемо оптимальне рішення методом послідовних операцій.

Знайдемо спочатку допустиме (опорне) рішення транспортної задачі. Рішення цієї задачі знаходиться, використанням метода «північно-західного кута» або метода «мінімального елемента».

Сформулюємо математичну постановку задачі

Хай  $x_{ij}$  – кількість будівельної продукції, що транспортується від  $i$ -го джерела (постачальника) до  $j$ -го споживача. Цільова функція відповідає сумарним транспортним витратам. Обмеження необхідні для того, щоб вся виготовлена продукція використовувалася і потреба кожного будівництва у матеріалах була задоволена.

Кожен завод будіндустрії повинен відвантажити будівництву рівно стільки продукції, скільки у нього є, тобто сума поставок повинна дорівнювати потужності, вказаній в цьому рядку. Таких співвідношень повинно бути стільки, скільки в даному завданні рядків.

Кожен будівельний майданчик повинен отримати рівно стільки продукції, скільки йому потрібно, тобто сума поставок по стовпцю повинна дорівнювати попиту, приведеному в цьому самому стовпці. Таких співвідношень повинно бути стільки, скільки в заданому завданні стовпців.

Враховуючи приведені обмеження, необхідно знайти ефективний варіант з мінімальним обсягом вантажообігу. Для визначення в будь-якому варіанті перевезень вантажів досить підсумувати обсяги кожного поставання на відповідні йому відстані. Варіант буде оптимальним, а завдання розв'язане, якщо ця сума буде приведена до мінімуму. Слід вважати природним вимогу позитивних значень для потужностей заводів  $A_i \geq 0$  і попиту об'єктів  $B_j \geq 0$ . Показники відстаней не можуть бути від'ємними, оскільки це з економічної точки зору є недоцільним, але з математичної – не обов'язково вимагати їх невід'ємності. Іноді зручно в деяких розрахунках штучно надати цим показникам від'ємні значення. Задача розв'язується методом потенціалів (так назвав її академік Л.В. Канторович) [28, 31], її вихідні дані приведені в таблиці 3.23.

Таблиця 3.23 - Вихідні дані завдання:

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м <sup>3</sup>	Споживачі, будівельні майданчики, (ємність склада), тис. м <sup>3</sup>			
		В1	В2	В3	В4
А1	6200	327	330	327	325
А2	5600	326	325	325	326
А3	3200	350	346	347	346
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Далі розглянемо варіант вирішення закритої транспортної задачі з використанням метода АВД за допомогою програми «ПОТІК v1.1».

Вводимо початкові дані в програму «ПОТІК v1.1» ( рис. 3.6 та 3.7).

		5	6	7	8	Попит	
ДЖЕРЕЛО		2700	2300	6500	3300	←	
	2	6200	327	330	327	325	C <sub>ij</sub> (i=1,2,3; j=1,2,3,4)
	3	5600	326	325	325	326	
	4	3200	350	346	347	346	
		↑ Пропозиція					

Рисунок 3.6 – Вихідні дані закритої транспортної задачі

Таблиця 3.24 - Вихідні дані для рішення завдання з таблиці 3.23

№ дуги	Поч. Вузел	Кінц. Вузел	Верх. Зд.	Ниж. Зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	0
2	1	3	5600	0	0	0
3	1	4	3200	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	0
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	0
7	2	8	9999	0	325	0
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	0
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	0
17	6	9	2500	0	0	0
18	7	9	6500	0	0	0
19	8	9	3300	0	0	0
20	9	1	15000	15000	0	0



Таблиця 3.25- Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	6200
2	1	3	5600	0	0	5600
3	1	4	3200	0	0	3200
4	2	5	9999	0	327	2700
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	200
7	2	8	9999	0	325	3300
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	5600
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	2500
14	4	7	9999	0	347	700
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	2700
17	6	9	2500	0	0	2500
18	7	9	6500	0	0	6500
19	8	9	3300	0	0	3300
20	9	1	15000	15000	0	15000

Таблиця 3.26 - Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	0
2	20
3	22
4	0
5	347
6	346
7	347
8	345
9	347

Цільова функція: 4948700

Оптимальне рішення представлено у вигляді сітьової моделі (рис. 3.9).

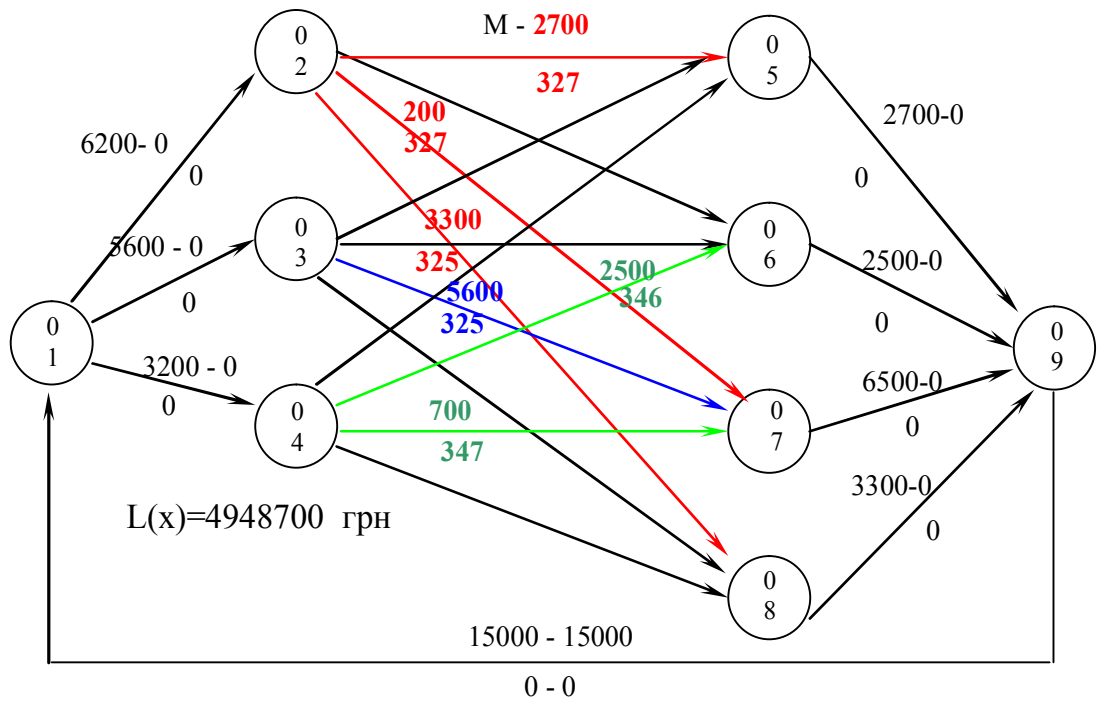


Рисунок 3.9 - Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

## **Висновки**

1. Сьогоднішній стан функціонування будівельної галузі України викликає необхідність проведення аналізу наукових праць для розв'язання проблем процесів покращення методів управління та організації матеріального забезпечення будівництва. Виявлений шлях теоретично обґрунтований необхідністю поліпшення методів організації та управління матеріального забезпечення будівництва за рахунок застосування логістичних підходів, що забезпечують оптимальні умови функціонування будівельного виробництва з урахуванням управління матеріальними потоками, що відповідають сучасним вимогам технології і організації будівельного процесу.

2. Суть організації матеріального забезпечення будівництва визначається необхідністю впровадження інноваційних процесів, які базуються на можливостях логістизації та використання їх як сучасного та доцільного інструментарію, що істотно поліпшує методи управління діяльністю будівельних організацій та підприємств будіндустрії, відображаючи міжсистемні зв'язки, за рахунок оптимізації матеріальних потоків.

3. За результатами дослідження розглянуто основи управління матеріальними потоками будівельного комплексу для раціонального забезпечення матеріальними ресурсами будівельних процесів на базі використання методу аналізу ієрархій, який враховує основні чинники вибору постачальників. Заснована модель на парних порівняннях альтернативних варіантів за різними критеріями з використанням дев'ятибальної шкали і наступним ранжируванням набору альтернатив за всіма критеріями і цілями та покладена на сітьову модель, що дає можливість зменшити витрати.

4. Аналіз проведених досліджень показав, що найповніше по завдання управління постачаннями і забезпечення будівельного виробництва відповідає використання методів сітьового моделювання. На їх основі можливо відобразити в єдиній моделі і взаємозв'язку весь комплекс варіантів виконання постачань, провести їх інформаційний опис, відповідно встановленим критеріям, здійснити пошук найбільш ефективного варіанту. Особливість сітьових методів полягає в тому, що вони ефективно застосовуються не тільки в процесі розробки забезпечення, але і в ході його виконання і супровідного матеріального потоку, і його постачання. Сітьові методи універсальні, вони не допускають якого-небудь певного змісту планованих робіт.

## Список використаних джерел

1. Арутюнян І. А. Організація та управління будівельним комплексом на основі логістичних моделюючих умов: монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 263 с.
2. Арутюнян І.А. Логистические подходы к управлению программами развития строительного комплекса. Современный научный вестник. №5(144) 2013. Белгород. С.41-46.
3. Арутюнян І.А. Инновационные подходы на основе систематизации развития строительного комплекса. Региональная архитектура и строительство. Научно-технический журнал Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. №1(15). 2013. С.167-173.
4. Арутюнян І. А. Управління формуванням логістичних систем функціонування будівельного виробництва: монографія. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 308 с.
5. Авдеев Ю.А. Выработка и анализ плановых решений в сложных проектах (опыт разработки АСУ в строительстве). Москва: Экономика, 1971. 96с.
6. Абрамов Л.И., Манаенкова Э.А. Организация и планирование строительного производства. Управление строительной организацией: учеб. для вузов. Москва: Стройиздат, 1990. 400 с.
7. Афанасьев А.А., Данилов Н.Н., Копылов В.Д. Технология строительных процессов: учебник. Москва: Высш. Шк. , 2001. 464 с.
8. Афанасьев В.А. Расчет и оптимизация поточных методов организации строительства: учеб. пособие. Ленинград. ИСИ, 2000. 113с..
9. Арутюнян І.А. Оптимальный подход к планированию и управлению организационно-техническими решениями. Прогрессивные технологии и система машиностроения: сб. науч. тр. Донецк. 2002. С.3– 7.

10. Балицкий В.С. Программно-целевое совершенствование работы строительных организаций. Київ: Будівельник, 1987. 160с.
11. Билецкий О.Б., Михайлов В.С. Организационно-технологические основы АСУ в строительстве. Київ: Будівельник 1983. 120с.
12. Васильев В.М., Кузьменко А.К., Терстепанов Г.А. Организация и управление капитальным строительством министерства обороны. Львов: ЛВВИСКУ, 1990. 451с.
13. Волков В.П., Пшінько О.М., Павлов І.Д., Арутюнян І.А. Управління логістичними системами: навчальний посібник МОНУ. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2012. 259 с.
14. Громадченко В.Ю., Ткачук М.М., Білецький А.А., Клімов С.В. Виробнича база будівництва: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 142 с.
15. Данциг Дж., Фалкерсон Д.Р. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе в сетях. В кн.: Линейные неравенства и смежные вопросы: пер. с англ./ Под ред. Л.В. Канторовича и В.В. Новожилова. Москва: Ил., 1969. С. 318–324.
16. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія: Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 49 с.
17. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 20 с.
18. ДСТУ 3008-2015 Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [Чинний від 2017-07-01] Вид. офіц. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 31 с.
19. Дадиверина Л.Н., Шостак Р.С. Основы логистики в организации производства: учебное пособие. Днепропетровск: Пороги, 2012. 166с.

20. Денисенко М.П., Левковець П.Р., Михайлова Л.І. Організація та проектування логістичних систем: підручник. Київ: Цент учбової літератури, 2010. 336 с.
21. Кальченко А.Г. Логістика: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2003. с. 56.
22. Кірнос В.М. Розробка та аналіз планів реалізації будівельних проектів методами моделювання послідовності виконання БМР: посібник. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. 256 с.
23. Кірнос В.М., Залуин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: учебник. Днепропетровск: «Пороги», 2005. 309 с.
24. Курочкин Д. В. Логистика: [транспортная, закупочная, производственная, распределительная, складирования, информационная]: курс лекций. Минск: ФУАинформ, 2012. 268 с.
25. Логістика: навч. посіб. О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко. Київ: Знання, 2008. 566 с.
26. Логистическая организация капитального строительства: под ред. проф. В.Н. Стаханова. Ростов-на-Дону: РГСУ, 1998. 256 с.
27. Николайчук В.Е., Кузнецов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция): учебник. Донецк, 2009. 412 с.
28. Організація будівництва: посібник. С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. Київ: Кондор, 2007. 521 с.
29. Павлов И.Д., Арутюнян И.А. Разработка плана организационно-технического развития строительной организации. Економіка: проблеми теорії та практики. Вып. 76. Днепропетровск: Вид-во ДНУ, 2001. С. 6–10.
30. Павлов И.Д. Модели управления проектами: учеб. пособие. Запорожье: ЗГИА, 1999. 316с.
31. Павлов И.Д. «Оптимальні моделі організації будівельного виробництва». Київ: ІСДО, 1993. 220с.

32. Павлов И.Д., Мамотенко Д.Ю. Управление проектами на основе сетевых моделей с ограниченной пропускной способностью. Экономика: проблемы теории та практики. Вып. 77. Днепропетровск: Вид-во ДНУ, 2001. С. 19–27.
33. Павлов И.Д., Мамотенко Д.Ю. Управление проектами универсальным алгоритмом на основе сетевого моделирования. Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті: Зб. Наук. Праць. В 2 т. Кривий Ріг: Вид. від. КДПУ, 2001. Т 1. 305с.
34. Рогожин П.С., Гойко А.Ф. Экономика будівельних організацій: посібник. Київ: Видавничий дім „Скарби”, 2001. 448с.
35. Смиринський А., Смиринський В., Мартинюк В. Логістичний менеджмент у будівництві: монографія. Тернопіль «ЗБРУЧ», 2006. 262с.
36. Тянь Р.Б. Управління проектами: підручник для студентів ВНЗ. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 221 с.
37. Торкатюк В.И. Организационно-технологические решения в многоэтажном каркасном строительстве. Харьков: Высш. школа. 1986. 160с.
38. Тянь Р.Б., Ткаченко В.А. Планирование и контроль деятельности предприятий: учебник. Днепропетровск: Наука и образование, 2003. 300с.
39. Тянь Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А. Управління проектами: навч. посібник. Дніпро-вськ: Дніпропетровська академія управління бізнесу та права, 2000. 224с.
40. Тянь Р.Б., Чернышук Н.М. Организация производства: уч. пособие. – Днепро-вск: Наука і освіта, 1999. 264с.
41. Ушацкий С.А. Информационные основы управления строительным производством. Киев: Будівельник, 1977. 169с.
42. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей /пер. с англ. Москва: Мир, 1984. 496с.



43. Форд Л.Р., Фалкерсон Д. Потоки в сетях /пер. с англ. И.А. Вайнштейна.  
Москва: Мир, 1966. 276с.