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: Системотехнічні дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків

Виконав студент 2 курсу, групи .1923 – пцб-д
САБАЛА ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ.
(прізвище та ініціали)

спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

освітньо-професійна програма
промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)

Керівник проф., д.т.н. Арутюнян І.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц.. Мішук К.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя, 2024 року

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«____» _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

САБАЛА ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Системотехнічні дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків
керівник роботи Арутюнян Ірина Андріївна, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» 05 2024 року № 1686-С

2 Строк подання студентом роботи 1 грудня 2024

3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація, науково-дослідницькі джерела

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібн розробити) 1. Теоретичні основи системотехнічного підходу до дослідженн транспортно-технологічних процесів. 2. Аналіз сучасного стану транспортно технологічних процесів у будівельних потоках 3. Методи та засоб системотехнічного дослідження. 4. Моделювання завдань планування розвитку виробничих систем на логістичних засад

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язков креслень) 8 листів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання видав	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян І.А.		
Розділ 2	Арутюнян І.А.		
Розділ 3	Арутюнян І.А.		
Розділ 4	Арутюнян І.А.		

7 Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи системотехнічного підходу до дослідження транспортно-технологічних процесів.	з 01.09 по 15.10.2024	
2	Аналіз сучасного стану транспортно-технологічних процесів у будівельних потоках	з 15.10 по 30.10.2024	
3	3Методи та засоби системотехнічного дослідження.	з 01.11 по 15.11.2024	
4	Моделювання завдань планування та розвитку виробничих систем на логістичних засадах	з 16.11 по 01.12.2024	

Студент _____ В.П. Сабала
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ І.А. Арутюнян
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Собала В.П. Системотехнічні дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Науковий керівник І.А. Арутюнян, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2024.

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі особливого значення набуває ефективне управління транспортно-технологічними процесами будівельних потоків. Це зумовлено збільшенням обсягів будівельних робіт, що вимагає більш комплексного підходу до планування та координації транспортних і технологічних процесів. Це сприяє оптимізації ресурсів, зменшенню витрат і скороченню термінів будівництва.

Системотехнічний підхід дозволяє розробляти та впроваджувати інноваційні рішення, що забезпечують більш точне та оперативне управління будівельними потоками. Оптимізація транспортно-технологічних процесів дозволяє знизити витрати на транспортування, зберігання та обробку будівельних матеріалів, що безпосередньо впливає на загальну економічну ефективність будівельних проектів.

Таким чином, системотехнічні дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків є актуальними та важливими для забезпечення сталого розвитку будівельної галузі, підвищення її ефективності та конкурентоспроможності на ринку

Ключові слова. Системотехніка, транспортно-технологічні процеси, будівельні потоки, логістика.

REVIEW

Sobala V.P.. System Engineering Studies of the Transport and Technological Process of Construction Flows.

Qualifying graduation work for obtaining a master's degree in specialty 192 – Construction and Civil Engineering.

Scientific adviser I.A. Arutiunian, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhya National University, 2024.

In the current conditions of development of the construction industry, effective management of transport and technological processes of construction flows is of particular importance. This is due to an increase in the volume of construction work, which requires a more comprehensive approach to planning and coordination of transport and technological processes. This helps to optimize resources, reduce costs and reduce construction time.

The system-technical approach allows us to develop and implement innovative solutions that provide more accurate and efficient management of construction flows. Optimization of transport and technological processes allows to reduce the cost of transportation, storage and processing of building materials, which directly affects the overall economic efficiency of construction projects.

Thus, system engineering studies of the transport and technological process of construction flows are relevant and important for ensuring the sustainable development of the construction industry, increasing its efficiency and competitiveness in the market

Keywords. System Engineering, Transport and Technological Processes, Construction Flows, Logistics.

ЗМІСТ

		стр
	ВСТУП	7
1	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ПІДХОДУ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ …….…….	13
1.1	Принципи системного підходу до дослідження транспортно-технологічних процесів …….	13
1.2	Моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів ……..……...	19
1.3	Визначення та класифікація транспортно-технологічних будівельних процесів ……	24
2	АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКАХ …….…….	30
2.1	Особливості будівельних потоків ……..……	30
2.2	Технологічні схеми транспортних процесів …….	35
3	МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ……...…	41
3.1	Методи математичного моделювання системотехнічного дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків ……..…….	41
3.2	Методи оптимізації транспортно-технологічних процесів……	46
4	МОДЕЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ПЛАНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ НА ЛОГІСТИЧНИХ ЗАСАДАХ……..	51
4.1	Системотехнічні підхід, як платформа розв’язання	

поставленого завдання…… 51

4.2 Економіко-математична постановка задачі з планування виробничих систем, що враховують міжсистемні зв’язки та реалізацію руху матеріальних потоків з урахуванням логістизації…….. 59

Висновки…… 81

Список використаних джерел…… 83

ВСТУП

У сучасному світі будівельна галузь переживає значні зміни та зростання. Збільшення обсягів будівельних робіт, поява нових технологій та матеріалів, а також зростаючі вимоги до екологічності та ефективності обумовлюють необхідність удосконалення транспортно-технологічних процесів. Сучасне будівництво характеризується високою складністю організаційно-технологічних процесів, що вимагає інтегрованого підходу до управління всіма складовими будівельного потоку. Одним із таких підходів є системотехнічні дослідження, які дозволяють оптимізувати транспортно-технологічні процеси, підвищити їх ефективність та забезпечити економічну доцільність.

Будівництво великих об'єктів, таких як житлові комплекси, офісні будівлі, інфраструктурні проєкти (мости, дороги, тунелі) вимагає чіткої координації всіх етапів робіт. Збільшення обсягів будівництва вимагає ефективного управління логістичними процесами, що включають транспортування матеріалів, обладнання та робочої сили. Недостатня координація може призвести до затримок, збільшення витрат та погіршення якості будівництва.

Сучасні інформаційні технології та системи автоматизації дозволяють значно підвищити ефективність управління будівельними проектами. Використання систем управління проектами (таких як Primavera, Microsoft Project), геоінформаційних систем (ГІС) та інших програмних комплексів сприяє кращій координації та моніторингу будівельних робіт. Системотехнічний підхід дозволяє інтегрувати ці технології у єдину систему, забезпечуючи безперервний контроль та аналіз процесів.

Однією з основних цілей оптимізації транспортно-технологічних процесів є зниження витрат. Це досягається за рахунок раціонального планування маршрутів транспортування, оптимізації використання ресурсів та зменшення простоїв техніки і робочої сили. Наприклад, оптимізація

маршрутів доставки матеріалів може значно зменшити витрати на паливо та обслуговування транспортних засобів.

Незважаючи на численні переваги системотехнічного підходу, існують певні проблеми та виклики, які необхідно враховувати при його впровадженні у будівельні проекти.

1. Недостатність даних

Для проведення ефективних системотехнічних досліджень необхідні точні та актуальні дані про всі аспекти будівельного процесу. Однак, часто виникає проблема відсутності або неповноти необхідної інформації. Це може бути викликано недостатньою автоматизацією процесів збору даних, відсутністю єдиної інформаційної системи або простою неорганізованістю.

2. Складність моделювання

Будівельні процеси є складними та багатофакторними, що ускладнює їх моделювання та аналіз. Врахування всіх можливих змінних та взаємозв'язків може бути викликом для дослідників. Крім того, будівельні умови можуть змінюватися, що вимагає гнучкості та адаптації моделей до нових реалій.

3. Інтеграція різних систем

Впровадження системотехнічного підходу передбачає інтеграцію різних інформаційних та технологічних систем. Це може включати інтеграцію програмного забезпечення для управління проектами, систем моніторингу та контролю, геоінформаційних систем тощо. Забезпечення безперебійної роботи всіх цих систем у єдиному середовищі є складним завданням.

4. Спротив змінам

Впровадження нових технологій та підходів завжди викликає певний спротив з боку працівників та менеджменту. Це може бути обумовлено недостатнім розумінням переваг нововведень, страхом перед змінами або просто небажанням змінювати усталені методи роботи. Для успішного впровадження системотехнічного підходу необхідно забезпечити відповідну підготовку та навчання персоналу.

5. Економічні обмеження

Незважаючи на те, що системотехнічні дослідження можуть значно підвищити ефективність та знизити витрати у довгостроковій перспективі, вони вимагають значних інвестицій на етапі впровадження. Це може включати витрати на придбання та впровадження програмного забезпечення, навчання персоналу, оновлення обладнання тощо. Економічні обмеження можуть стати суттєвим бар'єром для впровадження системотехнічного підходу у малих та середніх будівельних компаніях.

Актуальність системотехнічних досліджень транспортно-технологічних процесів у будівельних потоках обумовлена необхідністю підвищення ефективності, зниження витрат, забезпечення екологічної безпеки та покращення умов праці. Однак, існують певні проблеми та виклики, які потребують уваги та вирішення для успішного впровадження цього підходу у будівельні проекти.

Для подолання цих проблем необхідно забезпечити належний збір та аналіз даних, розробити гнучкі та адаптивні моделі, забезпечити інтеграцію різних систем, подолати спротив змінам з боку персоналу та знайти фінансові ресурси для впровадження нових технологій. Це дозволить максимально використати потенціал системотехнічного підходу та досягти значних покращень у будівельній галузі.

Таким чином, системотехнічні дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків є важливим інструментом для сучасного будівництва. Вони дозволяють досягти високої ефективності, забезпечити економічну доцільність, знизити негативний вплив на довкілля та покращити умови праці. Однак, для успішного впровадження необхідно вирішити ряд проблем та викликів, що стоять на шляху до ефективного використання цього підходу.

З вище сказаного сформулюємо **мету наукового дослідження**, яка полягає в аналізі теоретичних підходів та практичних рекомендацій для

вивчення об’єкту дослідження за рахунок системотехнічних інновацій в розрізі транспортно-технологічного процесу будівельних потоків.

Методи дослідження Для ефективного дослідження транспортно-технологічних процесів будівельних потоків застосовуються різноманітні методи, що дозволяють моделювати, аналізувати та оптимізувати ці процеси. Математичне моделювання дозволяє створювати абстрактні моделі реальних процесів для аналізу та оптимізації. В контексті транспортно-технологічних процесів будівельних потоків використовуються такі підходи: Лінійне програмування: Використовується для оптимізації ресурсів та планування, наприклад, для мінімізації витрат на транспортування матеріалів. Системний аналіз передбачає розгляд будівельного потоку як сукупності взаємопов'язаних елементів. Економіко-математичні методи

Ці методи дозволяють оцінювати економічну ефективність різних рішень у транспортно-технологічних процесах.

Застосування різноманітних методів дослідження транспортно-технологічних процесів у будівельних потоках дозволяє отримати комплексне розуміння цих процесів, виявити проблемні зони та знайти оптимальні рішення для їх удосконалення. Кожен з методів має свої переваги та обмеження, і їхнє комбіноване використання дозволяє досягти найкращих результатів у управлінні будівельними проектами.

Об'єктом дослідження транспортно-технологічні процеси будівельних потоків.

Предмет дослідження методи та моделі управління транспортно-технологічними процесами будівельних потоків.

Задачі дослідження. Досягнення поставленої мети зумовило необхідність вирішення наступних завдань:

- ✓ аналіз сучасних методів в розрізі системотехнічних досліджень транспортно-технологічного процесу будівельних потоків;
- ✓ обґрунтування ролі системотехніки в галузі будівництва;

- ✓ визначення проблем та викликів у керуванні будівельними потоками;
- ✓ формування економіко-математичної постановки задачі з планування виробничих систем, що враховують міжсистемні зв'язки та реалізацію руху матеріальних потоків з урахуванням логістизації.

Наукова новизна даного дослідження полягає у розробці та впровадженні нових методологічних підходів, інструментів та моделей, які сприяють підвищенню ефективності, економічності та екологічної безпеки транспортно-технологічних процесів у будівельних потоках. Розробка програмних комплексів для моделювання та аналізу: Це включає створення спеціалізованих програмних продуктів, що дозволяють здійснювати комплексний аналіз транспортно-технологічних процесів та знаходити оптимальні рішення.

В рамках дослідження розроблено нові математичні моделі та алгоритми, які дозволяють ефективніше вирішувати завдання оптимізації транспортно-технологічних процесів. Серед них нові моделі лінійного та динамічного програмування: Які враховують специфіку будівельних процесів та дозволяють оптимізувати використання ресурсів. Імітаційні моделі з урахуванням стохастичних факторів: Які дозволяють моделювати та аналізувати вплив випадкових подій на будівельні процеси.

Наукова новизна дослідження транспортно-технологічних процесів у будівельних потоках полягає у розробці інтегрованих систем управління, застосуванні передових математичних методів та алгоритмів, врахуванні екологічних та соціально-економічних аспектів, а також успішному впровадженні результатів у практичні будівельні проєкти. Це дослідження сприяє підвищенню ефективності та сталого розвитку будівельної галузі, відповідаючи на сучасні виклики та потреби.

Практичне значення дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків полягає у впровадженні розроблених методів та

інструментів для підвищення ефективності, зниження витрат, покращення якості будівельних робіт та забезпечення екологічної стійкості.

Використання математичних моделей та інформаційних систем дозволяє більш ефективно планувати використання матеріалів, техніки та робочої сили, що зменшує втрати та підвищує продуктивність.

Впровадження розроблених методів та інструментів дозволяє знизити витрати, підвищити якість будівництва, забезпечити сталість розвитку та покращити умови праці. Це дослідження має значний потенціал для покращення управління будівельними проектами та забезпечення їх успішного виконання.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ПІДХОДУ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Принципи системного підходу до дослідження транспортно-технологічних процесів

Транспортно-технологічні процеси є невід’ємною частиною сучасної інфраструктури, що забезпечує функціонування економіки, промисловості та соціальних систем. Вони включають в себе не лише транспортування вантажів та пасажирів, але й управління всіма супутніми технологічними процесами. Для ефективного дослідження та оптимізації цих процесів необхідно застосовувати системний підхід. Він дозволяє комплексно аналізувати та управляти взаємозв’язками між різними компонентами системи. У цьому контексті розглянемо основні принципи системного підходу до дослідження транспортно-технологічних процесів.

Системний підхід є методологією, що використовується для аналізу та вирішення складних проблем, які виникають в різних сферах діяльності. Його основна мета – розглядати об'єкти дослідження як цілісні системи, що складаються з взаємопов'язаних елементів. Цей підхід дозволяє враховувати множину взаємозв'язків та взаємодій, що існують у складних системах, і таким чином досягати більш повного розуміння досліджуваних об'єктів та процесів. У даній роботі розглянемо основні принципи системного підходу та їх застосування.

1. Принцип цілісності

Принцип цілісності передбачає, що транспортно-технологічні процеси слід розглядати як єдину цілісну систему, що складається з взаємопов’язаних елементів. Цей підхід дозволяє отримати комплексне уявлення про функціонування системи в цілому.

Аналіз всієї системи: Необхідно розглядати всі компоненти транспортно-технологічного процесу – від обробки вантажу на складі до його транспортування та доставки до кінцевого споживача. Це дозволяє уникнути вузького фокусу на окремих елементах і зрозуміти, як зміни в одній частині системи впливають на інші частини.

Взаємозв'язки між елементами: Важливо враховувати взаємозв'язки між різними компонентами системи, такими як транспортні засоби, маршрути, склади, управлінські процеси. Взаємодія цих елементів визначає ефективність і продуктивність системи в цілому.

Комплексний підхід: Розгляд транспортно-технологічного процесу як цілісної системи дозволяє ідентифікувати не лише окремі проблеми, але й системні проблеми, які можуть виникати через взаємодію між різними елементами.

2. Принцип ієрархічності

Принцип ієрархічності вимагає розгляду транспортно-технологічного процесу як ієрархічної структури, де кожен рівень системи має свої специфічні функції та завдання.

Багаторівнева структура: Транспортно-технологічний процес складається з декількох рівнів, включаючи стратегічний, тактичний і операційний. На стратегічному рівні визначаються загальні цілі та політики, на тактичному – розробляються плани для досягнення стратегічних цілей, а на операційному – здійснюються щоденні операції.

Ролі та функції: Кожен рівень ієрархії має свої завдання та відповідальність. Наприклад, стратегічний рівень відповідає за довгострокове планування та ресурси, тоді як операційний рівень відповідає за конкретні операції та їх виконання.

Аналіз підсистем: Кожен рівень системи можна розглядати як підсистему, яка, у свою чергу, має свої елементи та процеси. Це дозволяє здійснювати детальний аналіз і оптимізацію кожної підсистеми для підвищення ефективності всієї системи.

3. Принцип взаємозв’язку

Принцип взаємозв’язку підкреслює важливість взаємодії між різними елементами системи. У контексті транспортно-технологічних процесів, це включає взаємодії між транспортними засобами, технологіями, людським фактором та інфраструктурою.

Аналіз взаємодій: Розглядаючи, як різні компоненти системи взаємодіють між собою, можна виявити неефективності та потенційні точки для покращення. Наприклад, як зміни в графіку постачання можуть вплинути на запаси на складі або як оптимізація маршрутів може зменшити витрати на паливо.

Системні ефекти: Взаємодії між елементами можуть призводити до виникнення нових властивостей або ефектів, які не можна передбачити на основі аналізу окремих елементів. Це може включати, наприклад, збільшення заторів у транспортній мережі при збільшенні обсягу перевезень.

Управління змінами: Важливо ефективно управляти змінами в системі, враховуючи їх вплив на всі елементи та взаємодії. Це дозволяє забезпечити стабільність і ефективність процесів.

4. Принцип адаптивності

Принцип адаптивності визначає, що системи повинні бути здатними адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Для транспортно-технологічних процесів це включає гнучкість у відповідь на зміни попиту, технологічні інновації та зовнішні фактори, такі як погодні умови.

Адаптація до змін: Транспортно-технологічні системи повинні мати можливість швидко реагувати на зміни в попиті, наприклад, при сезонних коливаннях чи непередбачених обставинах, таких як аварії чи затори.

Гнучкість: Впровадження гнучких технологій та процесів, які дозволяють швидко перепланувати маршрути, змінювати обсяги перевезень або адаптуватися до нових технологій.

Моніторинг і реагування: Постійний моніторинг зовнішніх і внутрішніх факторів дозволяє своєчасно реагувати на зміни і коригувати процеси відповідно до нових умов.

5. Принцип цільової спрямованості

Принцип цільової спрямованості акцентує увагу на тому, що всі процеси та елементи системи повинні бути орієнтовані на досягнення визначених цілей.

Визначення цілей: Усі транспортно-технологічні процеси повинні мати чітко визначені цілі, такі як зменшення витрат, підвищення швидкості доставки або покращення якості обслуговування клієнтів.

Орієнтація на результат: Процеси повинні бути спрямовані на досягнення цих цілей. Це передбачає регулярний моніторинг та оцінку результатів для забезпечення їх відповідності встановленим цілям.

Оцінка та корекція: Необхідно постійно оцінювати досягнуті результати і вносити корективи в процеси для покращення ефективності та досягнення поставлених цілей.

6. Принцип управління

Принцип управління включає планування, організацію, мотивацію і контроль за виконанням транспортно-технологічних процесів. Він забезпечує ефективне управління всіма компонентами системи.

Планування: Визначення стратегічних і тактичних планів для забезпечення ефективного функціонування системи. Це включає розробку планів для управління ресурсами, оптимізації маршрутів та покращення технологічних процесів.

Організація: Створення структури управління, розподіл обов’язків і ресурсів між різними компонентами системи. Це також включає координацію роботи різних підрозділів і забезпечення ефективної взаємодії між ними.

Мотивація: Забезпечення мотивації для учасників процесу, включаючи персонал та постачальників. Це може включати системи заохочення та стимулювання для досягнення високих результатів.

Контроль: Постійний моніторинг і оцінка виконання завдань. Виявлення відхилень від плану та вжиття коригувальних заходів для забезпечення досягнення поставлених цілей.

7. Принцип саморегулювання

Принцип саморегулювання передбачає, що система повинна мати механізми для автоматичного регулювання і підтримки стабільності та ефективності без необхідності постійного зовнішнього втручання.

Автоматизація процесів: Впровадження автоматизованих систем для контролю і управління транспортно-технологічними процесами, що дозволяє зменшити потребу в ручному втручанні та підвищити ефективність.

Зворотний зв'язок: Наявність механізмів зворотного зв’язку для постійного моніторингу стану системи і коригування процесів у реальному часі. Це дозволяє системі адаптуватися до змін та підтримувати стабільність.

Постійне вдосконалення: Розробка і впровадження нових технологій і методів для покращення функціонування системи. Це включає регулярний аналіз і вдосконалення процесів на основі зворотного зв'язку та нових даних.

Застосування принципів системного підходу в транспортно-технологічних процесах

Застосування принципів системного підходу до дослідження транспортно-технологічних процесів дозволяє досягти суттєвих поліпшень у їх функціонуванні. Розглянемо кілька конкретних прикладів:

Оптимізація транспортних маршрутів

Системний підхід дозволяє оптимізувати транспортні маршрути шляхом комплексного аналізу всіх елементів системи, включаючи транспортні засоби, дорожню інфраструктуру, графіки перевезень та навантаження. Це дозволяє:

- Зменшити витрати: Оптимізація маршрутів дозволяє зменшити витрати на паливо та експлуатацію транспортних засобів.
- Підвищити ефективність: Зменшення часу в дорозі та покращення точності доставки товарів.

- Зменшити затори: Зниження навантаження на основні маршрути та уникнення перевантажених ділянок дороги.

Управління складськими процесами

Системний підхід до управління складськими процесами включає аналіз всіх аспектів обробки товарів на складах, від прийому вантажів до їх відправки. Це дозволяє:

- Оптимізувати запаси: Поліпшення управління запасами для уникнення переповнення складів і зменшення витрат на зберігання.
- Покращити ефективність обробки: Впровадження автоматизованих систем для швидшого і точнішого оброблення вантажів.
- Зменшити помилки: Зменшення помилок при обробці замовлень та відвантаженні товарів.

Управління транспортними засобами

Застосування системного підходу до управління транспортними засобами дозволяє:

- Покращити технічний стан: Впровадження систем моніторингу та обслуговування для забезпечення безперебійної роботи транспортних засобів.
- Оптимізувати розподіл ресурсів: Зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонти шляхом прогнозування потреб та своєчасного обслуговування.
- Збільшити термін служби: Зменшення кількості поломок і продовження терміну служби транспортних засобів.

Інтеграція нових технологій

Впровадження нових технологій, таких як системи управління транспорту (TMS) та інформаційні системи для планування ресурсів (ERP), також може бути оптимізовано за допомогою системного підходу. Це включає:

- Оцінку впливу технологій: Аналіз впливу нових технологій на існуючі процеси та визначення їх переваг і недоліків.

- Планування інтеграції: Розробка плану для інтеграції нових технологій у існуючі системи та процеси.
- Моніторинг і вдосконалення: Постійний моніторинг ефективності нових технологій і внесення коректив для їх покращення.

Принципи системного підходу є важливим інструментом для дослідження та оптимізації транспортно-технологічних процесів. Розгляд системи як цілісного утворення, врахування її ієрархії та взаємозв’язків, адаптивність до змін, цільова спрямованість, управління та саморегулювання – всі ці принципи дозволяють досягти суттєвих поліпшень у функціонуванні транспортно-технологічних систем. Застосування цих принципів забезпечує комплексний підхід до аналізу та управління, що дозволяє підвищити ефективність, зменшити витрати і покращити якість обслуговування в різних аспектах транспортно-технологічних процесів.

1.2 Моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів

Моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів є важливим інструментом для забезпечення ефективності, зменшення витрат і підвищення якості будівельних проектів. Будівельні процеси є складними і включають численні етапи, які потребують координації між різними підрозділами та ресурсами. Моделювання допомагає візуалізувати ці процеси, прогнозувати їх результати, оптимізувати їх і забезпечити їх безперебійне функціонування. У цьому тексті ми розглянемо ключові аспекти моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів, зокрема, його значення, методи та інструменти, а також практичні приклади та переваги.

Моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів має велике значення з кількох причин:

1. Оптимізація ресурсів: Моделювання дозволяє ефективно розподілити ресурси, такі як техніка, матеріали та робоча сила, для досягнення максимальних результатів з мінімальними витратами.

2. Прогнозування результатів: З його допомогою можна прогнозувати результати різних сценаріїв, що дозволяє краще планувати і уникати проблем, які можуть виникнути в реальному процесі.

3. Аналіз ризиків: Моделювання допомагає ідентифікувати потенційні ризики та проблеми ще до початку реального виконання проекту, що дозволяє розробити стратегії для їх уникнення.

4. Управління складністю: Будівельні проекти часто включають численні складові та етапи. Моделювання допомагає спростити цю складність, забезпечуючи ясне уявлення про всі елементи процесу та їх взаємодії.

Методи моделювання

Існує кілька основних методів моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів:

1. Аналогове моделювання

Аналогове моделювання використовує фізичні або графічні моделі для відтворення будівельних процесів. Це може бути як просте макетування, так і складніші моделі, що відображають різні етапи проекту. Основні особливості цього методу:

- Фізичні макети: Моделі, що відтворюють фізичні аспекти будівельного процесу. Це можуть бути масштабовані моделі будівельних об'єктів або ділянок.
- Графічні моделі: Діаграми, схеми та інші графічні представлення, що відображають основні процеси та їх взаємодії.

2. Математичне моделювання

Математичне моделювання включає використання математичних формул і алгоритмів для опису та аналізу будівельних процесів. Основні аспекти цього методу:

- Диференціальні рівняння: Використовуються для опису динамічних процесів, таких як зміни в навантаженні на будівельну конструкцію.
- Оптимізаційні моделі: Моделювання для знаходження оптимальних рішень, наприклад, для розподілу ресурсів або планування графіків.

3. Симуляційне моделювання

Симуляційне моделювання використовує комп'ютерні програми для створення віртуальних моделей будівельних процесів. Це дозволяє вивчати і аналізувати різні сценарії без необхідності фізичного виконання проекту. Основні види симуляційного моделювання:

- Дискретні події: Моделювання, що фокусується на окремих подіях у процесі, таких як надходження нових вантажів або зміни в графіку роботи.
- Системна динаміка: Моделювання, яке аналізує як зміни в одних частинах системи впливають на інші частини, враховуючи зворотний зв'язок і час.

4. Імпакт-аналіз

Імпакт-аналіз використовується для оцінки впливу різних факторів на будівельний процес. Це може включати аналіз впливу нових технологій, змін у плануванні або нестачі ресурсів.

- Аналіз чутливості: Визначення того, як зміни в різних параметрах впливають на результати будівельного процесу.
- Сценарний аналіз: Оцінка можливих результатів при різних сценаріях розвитку подій.

Інструменти для моделювання

Для моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів використовуються різноманітні інструменти та програмне забезпечення. Основні з них:

1. AutoCAD та його аналоги

AutoCAD – популярна програма для створення 2D і 3D моделей будівельних проектів. Вона дозволяє створювати точні креслення, моделі і плани, які можна використовувати для аналізу та моделювання.

2. Revit

Revit є потужним інструментом для моделювання інформації про будівлю (BIM). Він дозволяє створювати детальні 3D моделі будівельних об'єктів і інтегрувати різні аспекти проекту, включаючи структуру, механіку та електрику.

3. Primavera P6

Primavera P6 – програма для управління проектами, що включає інструменти для планування, моніторингу і контролю проектів. Вона дозволяє створювати детальні графіки та моделі для аналізу транспортно-технологічних процесів.

4. Simul8

Simul8 – програмне забезпечення для симуляційного моделювання, яке дозволяє створювати моделі будівельних процесів і аналізувати різні сценарії, включаючи оптимізацію ресурсів і управління затримками.

5. MATLAB

MATLAB використовується для математичного моделювання і симуляцій. Це потужний інструмент для створення математичних моделей і аналізу будівельних процесів, включаючи розрахунок навантажень, оптимізацію і аналіз даних.

Практичні приклади моделювання

1. Оптимізація логістичних процесів

Моделювання може бути використано для оптимізації логістичних процесів в будівництві. Наприклад, створення моделі для управління поставками матеріалів на будівельний майданчик допомагає зменшити витрати на транспортування і зберігання матеріалів, а також уникнути затримок у будівельному процесі.

- Симуляція поставок: Моделювання різних сценаріїв поставок для визначення найбільш ефективних маршрутів і графіків.
- Оптимізація складів: Визначення оптимальних рівнів запасів для уникнення переповнень і дефіциту матеріалів.

2. Планування будівельних процесів

Моделювання може бути використано для планування різних етапів будівництва, включаючи розподіл робіт, управління ресурсами і контроль за якістю.

- Планування ресурсів: Моделювання для визначення оптимальних рівнів використання техніки та робочої сили.
- Графіки виконання робіт: Розробка детальних графіків для координації різних етапів будівництва та уникнення затримок.

3. Аналіз впливу нових технологій

Моделювання може бути використано для оцінки впливу нових технологій на будівельні процеси, таких як нові матеріали або автоматизація.

- Оцінка технологій: Моделювання для визначення ефективності нових технологій і їх впливу на загальні витрати та якість.
- Впровадження інновацій: Аналіз можливостей для інтеграції нових технологій у існуючі процеси і визначення потенційних переваг.

Переваги та виклики моделювання

Переваги:

1. Покращення ефективності: Моделювання дозволяє виявити неефективності і проблеми на ранніх стадіях, що допомагає знизити витрати і підвищити ефективність будівельних процесів.

2. Зменшення ризиків: Завдяки прогнозуванню можливих проблем і ризиків моделювання дозволяє розробити стратегії для їх уникнення і зменшення їх впливу.

3. Покращення планування: Моделювання допомагає створити детальні плани і графіки, що сприяє кращій координації і управлінню проектом.

Виклики:

1. Складність моделей: Створення точних і детальних моделей може бути складним і вимагати значних ресурсів і часу.

2. Необхідність точних даних: Моделі потребують точних даних для досягнення реалістичних результатів, що може бути проблематично, якщо дані недоступні або ненадійні.

3. Оновлення моделей: Будівельні проекти часто змінюються, і моделі можуть потребувати постійного оновлення для відображення цих змін.

Моделювання транспортно-технологічних будівельних процесів є важливим інструментом для підвищення ефективності, зменшення витрат і покращення якості будівельних проектів. Різноманітні методи та інструменти моделювання дозволяють створювати точні моделі, прогнозувати результати, оптимізувати ресурси та управляти ризиками. Хоча існують певні виклики у створенні та підтримці моделей, переваги моделювання значно перевищують ці труднощі. Систематичне використання моделювання в будівельних процесах допомагає досягти високих результатів і забезпечити успішне виконання проектів.

1.3 Визначення та класифікація транспортно-технологічних будівельних процесів

Транспортно-технологічні процеси в будівництві є критично важливими для забезпечення ефективного функціонування будівельних проектів. Вони охоплюють всі аспекти, пов’язані з переміщенням, обробкою і зберіганням будівельних матеріалів, а також організацією робіт на будівельному майданчику. Розуміння і класифікація цих процесів дозволяють оптимізувати ресурси, покращити координацію між підрозділами

та забезпечити своєчасне завершення проектів. У цьому тексті ми детально розглянемо визначення та класифікацію транспортно-технологічних будівельних процесів, їх значення та вплив на загальний результат будівельного проекту.

Транспортно-технологічні процеси в будівництві можна визначити як сукупність операцій, які включають переміщення, обробку, зберігання і контроль над будівельними матеріалами, обладнанням і персоналом. Ці процеси є невід'ємною частиною всього будівельного циклу і забезпечують ефективне управління ресурсами, що є ключовим для успішного завершення проекту.

Основні компоненти транспортно-технологічних процесів:

1. Транспорт: Переміщення матеріалів і обладнання між різними ділянками будівельного майданчика або між будівельним майданчиком і постачальниками.

2. Технології обробки: Включають різні методи і засоби для обробки будівельних матеріалів, такі як розрізання, змішування, ущільнення та інші.

3. Зберігання: Організація складування будівельних матеріалів та обладнання, що включає зберігання на майданчику і транспортування до місць зберігання.

4. Контроль і управління: Управління усіма аспектами транспортування, обробки та зберігання, включаючи моніторинг, координацію та оптимізацію процесів.

Класифікація транспортно-технологічних процесів

Транспортно-технологічні процеси в будівництві можна класифікувати за різними критеріями, включаючи типи діяльності, етапи будівництва, види транспорту та технологічні рішення. Ось основні категорії класифікації:

1. За етапами будівельного процесу

- Передпроектний етап: Оцінка потреб у матеріалах, розробка планів транспортування і зберігання, а також визначення технологій обробки. На цьому етапі проводяться дослідження і підготовка до реалізації проекту.
- Етап постачання: Включає організацію поставок будівельних матеріалів і обладнання на будівельний майданчик. Це може включати управління логістикою, складування та перевірку якості матеріалів.
- Етап виконання робіт: Транспортування матеріалів до місця їх використання, обробка матеріалів і монтаж. Включає організацію роботи техніки, управління процесами обробки та забезпечення безперебійного постачання ресурсів.
- Етап завершення: Включає демонтаж тимчасових конструкцій, вивезення відходів і перевірку виконання всіх робіт. На цьому етапі проводиться остаточний контроль і перевірка якості.

2. За типами транспорту

- Наземний транспорт: Використовується для переміщення матеріалів і обладнання по суші. Включає вантажівки, причепи, самоскиди та інші транспортні засоби, що забезпечують доставку до будівельного майданчика.
- Водний транспорт: Може використовуватися для транспортування великих обсягів матеріалів через річки, озера або морські порти. Це може включати баржі, танкери та інші водні транспортні засоби.
- Повітряний транспорт: Зазвичай використовується для термінових поставок або транспортування матеріалів до віддалених ділянок. Це можуть бути вантажні літаки або вертольоти.
- Спеціалізований транспорт: Включає різні види транспорту, спеціально призначені для переміщення специфічних видів матеріалів або обладнання, таких як кранові платформи, підйомники, контейнеровози.

3. За технологічними рішеннями

- Механічне оброблення: Включає різні методи обробки матеріалів за допомогою механічних засобів, таких як верстати, дробарки, прес-машини.

- Хімічне оброблення: Включає процеси, що використовують хімічні реагенти для зміни властивостей матеріалів, такі як змішування бетонних сумішей або обробка поверхонь.
- Термічне оброблення: Включає використання тепла для обробки матеріалів, таких як випалення цегли або термічна обробка металів.
- Акустичне оброблення: Включає використання звукових хвиль для обробки матеріалів, наприклад, ультразвукова очистка або контроль якості.

4. За типами об'єктів

- Житлові будівлі: Включає процеси, пов’язані з будівництвом житлових комплексів, багатоквартирних будинків, котеджів та інших типів житла.
- Комерційні об'єкти: Включає будівництво офісних будівель, торгових центрів, готелів та інших комерційних об’єктів.
- Інфраструктурні об'єкти: Включає будівництво доріг, мостів, тунелів, аеропортів, залізничних станцій та інших інфраструктурних об’єктів.
- Промислові об'єкти: Включає будівництво заводів, виробничих потужностей, складів і інших промислових об’єктів.

Значення класифікації транспортно-технологічних процесів

Класифікація транспортно-технологічних процесів є важливою для ефективного управління будівельними проектами з кількох причин:

1. Оптимізація ресурсів: Правильна класифікація допомагає визначити найбільш ефективні способи використання ресурсів, таких як техніка, матеріали і робоча сила, що дозволяє зменшити витрати і підвищити ефективність.

2. Покращення координації: Розуміння різних категорій процесів дозволяє краще координувати діяльність між різними підрозділами та учасниками проекту, забезпечуючи безперебійне виконання робіт.

3. Управління ризиками: Класифікація допомагає виявити потенційні ризики і проблеми на кожному етапі або в кожній категорії процесу, що дозволяє розробити стратегії для їх уникнення.

4. Планування і контроль: Дозволяє створити детальні плани і графіки для кожної категорії процесів, що полегшує управління проектом і контроль за його виконанням.

5. Вибір технологій: Правильна класифікація допомагає вибрати найбільш підходящі технології і методи для обробки і транспортування матеріалів, що сприяє покращенню якості і зменшенню витрат.

Приклади реалізації класифікації

1. Будівництво житлових комплексів

- Транспортні процеси: Включають транспортування будівельних матеріалів, таких як бетон, цегла, дерево, а також обладнання для будівництва. Для цього використовуються вантажівки, самоскиди та підйомники.
- Технологічні процеси: Включають обробку матеріалів, таких як заливка бетону, монтаж стін і покрівлі, а також внутрішнє оздоблення. Використовуються різні механічні та термічні методи обробки.

2. Будівництво комерційних об'єктів

- Транспортні процеси: Включають перевезення матеріалів, обладнання для офісів, торгових площ, а також специфічних конструкцій, таких як скляні фасади. Може знадобитися спеціалізований транспорт, включаючи кранові платформи.
- Технологічні процеси: Включають обробку і монтаж спеціалізованих елементів, таких як торгові вітрини, системи кондиціювання та освітлення. Використовуються передові технології та автоматизація.

3. Будівництво інфраструктурних об'єктів

- Транспортні процеси: Включають транспортування важкого обладнання, такого як екскаватори, крани, а також матеріалів для

будівництва доріг, мостів і тунелів. Зазвичай використовуються великовантажні транспортні засоби та водний транспорт.

- Технологічні процеси: Включають механічну обробку, таку як буріння, вибухові роботи, а також спеціалізоване обладнання для будівництва мостів і тунелів.

4. Будівництво промислових об'єктів

- Транспортні процеси: Включають транспортування великих промислових компонентів і матеріалів, таких як металоконструкції і великі машини. Може знадобитися використання спеціальних транспортних засобів і вантажопідйомного обладнання.
- Технологічні процеси: Включають складні технології обробки, такі як монтаж промислових машин, інтеграція автоматизованих систем і забезпечення відповідності технічним вимогам.

Визначення та класифікація транспортно-технологічних будівельних процесів є критично важливими для успішного управління будівельними проектами. Розуміння різних категорій процесів і їх особливостей дозволяє оптимізувати використання ресурсів, покращити координацію між учасниками проекту, зменшити витрати і підвищити якість виконання робіт. Класифікація допомагає також в управлінні ризиками, плануванні і контролі проектів, що є ключовим для досягнення успіху в будівництві. Використання правильної класифікації і детальний аналіз кожного процесу дозволяє забезпечити ефективність і безперебійність будівельних проектів.

2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У БУДІВЕЛЬНИХ ПОТОКАХ

2.1 Особливості будівельних потоків

Будівельні потоки являють собою складну сукупність процесів, які забезпечують ефективну організацію та управління ресурсами, матеріалами, технікою і робочою силою на будівельному майданчику. Вони включають всі аспекти руху та обробки будівельних матеріалів і технологій, а також взаємодії між різними елементами будівельного процесу. Розуміння особливостей будівельних потоків є критично важливим для досягнення ефективності, зменшення витрат і покращення якості будівельних проектів. У цьому тексті ми розглянемо ключові аспекти, що визначають особливості будівельних потоків, їх типи, проблеми і виклики, а також методи управління і оптимізації.

Визначення будівельних потоків

Будівельні потоки – це комплексна система взаємопов’язаних процесів, що включають переміщення, обробку і використання будівельних матеріалів, обладнання і ресурсів на будівельному майданчику. Вони охоплюють всі етапи будівельного процесу, від постачання матеріалів до завершення робіт. Основні компоненти будівельних потоків включають:

1. Матеріали: Переміщення і обробка будівельних матеріалів, таких як бетон, цегла, метал, деревина і інші.

2. Техніка: Використання будівельної техніки для виконання різних завдань, таких як екскавація, підйом, транспортування та монтаж.

3. Персонал: Організація роботи робочої сили, включаючи планування графіків, координацію та контроль.

4. Інформація: Обробка і передача інформації про хід виконання робіт, зміни в проекті, контроль якості і управлінські рішення.

Типи будівельних потоків

Будівельні потоки можуть бути класифіковані за кількома критеріями:

1. За видами матеріалів

- Основні матеріали: Включають великі обсяги матеріалів, таких як бетон, цегла, сталеві конструкції. Їх переміщення і обробка є ключовими для забезпечення своєчасного виконання робіт.
- Допоміжні матеріали: Включають матеріали, які використовуються для підтримки основного процесу, такі як цемент, піщані суміші, клеї, фарби.
- Спеціалізовані матеріали: Включають специфічні матеріали, що використовуються для особливих завдань або технологій, таких як теплоізоляційні матеріали, звукоізоляційні плівки.

2. За етапами будівельного процесу

- Постачання і доставка: Включає транспортування матеріалів і обладнання до будівельного майданчика, зберігання на складі і підготовку до використання.
- Обробка: Включає різні процеси обробки матеріалів, такі як різання, змішування, підготовка бетонних сумішей.
- Монтаж: Включає встановлення і монтаж будівельних елементів, таких як стіни, покрівлі, вікна, двері.
- Завершення: Включає остаточні роботи, такі як оздоблення, фарбування, монтаж фурнітури.

3. За типами транспорту

- Наземний транспорт: Включає вантажівки, самоскиди, причепи, які використовуються для переміщення матеріалів по суші.
- Водний транспорт: Включає баржі, танкери, що використовуються для транспортування матеріалів по водним шляхам.
- Повітряний транспорт: Включає вантажні літаки і вертольоти для термінових поставок або доставки до важкодоступних місць.

4. За типами об'єктів

- Житлові будівлі: Включають процеси, пов’язані з будівництвом житлових комплексів, багатоквартирних будинків, котеджів.
- Комерційні об'єкти: Включають будівництво офісних будівель, торгових центрів, готелів.
- Інфраструктурні об'єкти: Включають дороги, мости, тунелі, аеропорти, залізничні станції.
- Промислові об'єкти: Включають заводи, склади, промислові комплекси.

Проблеми та виклики в управлінні будівельними потоками

Управління будівельними потоками супроводжується численними проблемами і викликами, які можуть вплинути на ефективність і якість виконання проекту:

1. Непередбачувані затримки

Затримки можуть виникати через різні фактори, такі як погані погодні умови, проблеми з постачанням матеріалів або технічні неполадки. Це може спричинити затримки в виконанні робіт і збільшити витрати.

2. Недостатнє планування

Неправильне або недостатнє планування може призвести до неефективного використання ресурсів, що вплине на загальну продуктивність будівельного процесу.

3. Нестача або надлишок матеріалів

Проблеми з постачанням матеріалів можуть призвести до нестачі або надлишку ресурсів, що вплине на бюджет і терміни виконання проекту.

4. Проблеми з координацією

Неправильна координація між різними підрозділами або учасниками проекту може призвести до конфліктів, помилок і затримок.

5. Управління якістю

Збереження високої якості робіт є критично важливим для успішного завершення проекту. Проблеми з контролем якості можуть призвести до дефектів і необхідності додаткових витрат на виправлення помилок.

Методи управління і оптимізації будівельних потоків

Для ефективного управління і оптимізації будівельних потоків використовуються різноманітні методи та інструменти:

1. Планування та графіки

- Графіки виконання робіт: Розробка детальних графіків виконання робіт дозволяє чітко визначити терміни і координацію між різними етапами і підрозділами.
- Планування ресурсів: Включає визначення потреб у матеріалах, техніці і робочій силі для кожного етапу проекту.

2. Управління постачанням

- Логістика: Оптимізація процесів транспортування і зберігання матеріалів для забезпечення своєчасної доставки і уникнення затримок.
- Контроль запасів: Моніторинг і управління рівнями запасів для уникнення дефіциту або надлишку матеріалів.

3. Контроль якості

- Інспекції та перевірки: Регулярні перевірки якості матеріалів і виконаних робіт для забезпечення відповідності стандартам і вимогам.
- Аналіз дефектів: Виявлення і усунення дефектів у ранніх стадіях для зменшення витрат на виправлення помилок.

4. Використання технологій

- Системи управління проектами: Використання програмного забезпечення для управління проектами, яке допомагає в плануванні, моніторингу і контролі виконання робіт.
- Будівельні інформаційні моделі (BIM): Впровадження BIM-технологій для створення точних моделей будівельних процесів і забезпечення кращої координації між усіма учасниками проекту.

5. Комунікація і координація

- Зустрічі і звіти: Регулярні зустрічі з усіма учасниками проекту для обговорення прогресу, проблем і змін у проекті.
- Комунікаційні платформи: Використання сучасних комунікаційних інструментів для швидкого обміну інформацією і координації дій.

Приклади ефективного управління будівельними потоками

1. Будівництво інфраструктурних об'єктів

Для великих інфраструктурних проектів, таких як будівництво мостів або тунелів, особливо важливо забезпечити ефективне управління постачанням і транспортуванням важкого обладнання. Використання сучасних методів планування і управління ресурсами дозволяє зменшити витрати і зменшити затримки.

2. Будівництво комерційних об'єктів

Для будівництва комерційних об'єктів важливо забезпечити високу якість обробки та монтажу спеціалізованих елементів. Використання систем контролю якості і сучасних технологій, таких як BIM, допомагає забезпечити точність і відповідність стандартам.

3. Будівництво житлових комплексів

При будівництві житлових комплексів важливо забезпечити координацію між різними підрядниками і ефективне управління постачанням матеріалів. Використання графіків виконання робіт і контроль запасів допомагає уникнути затримок і забезпечити своєчасне завершення проекту.

Особливості будівельних потоків є важливими для забезпечення ефективності та успішного завершення будівельних проектів. Розуміння ключових аспектів, таких як переміщення і обробка матеріалів, використання техніки, управління персоналом і інформацією, а також проблем і викликів, що виникають у процесі, дозволяє розробити ефективні стратегії управління і оптимізації. Використання сучасних методів планування, контролю якості, технологій і комунікаційних інструментів допомагає забезпечити високу продуктивність, зменшити витрати і досягти високих результатів у будівництві.

2.2 Технологічні схеми транспортних процесів

Технологічні схеми транспортних процесів є важливим інструментом для проектування, управління та оптимізації транспортування матеріалів, обладнання і персоналу на будівельних і промислових майданчиках. Вони визначають, як саме переміщуються та обробляються різні елементи в рамках конкретних процесів, і допомагають забезпечити ефективність, зменшення витрат і покращення якості виконання проектів. У цьому тексті ми розглянемо сутність технологічних схем, їх значення, різні типи і особливості, а також сучасні підходи до їх розробки та використання.

Визначення технологічних схем транспортних процесів рис 2.1

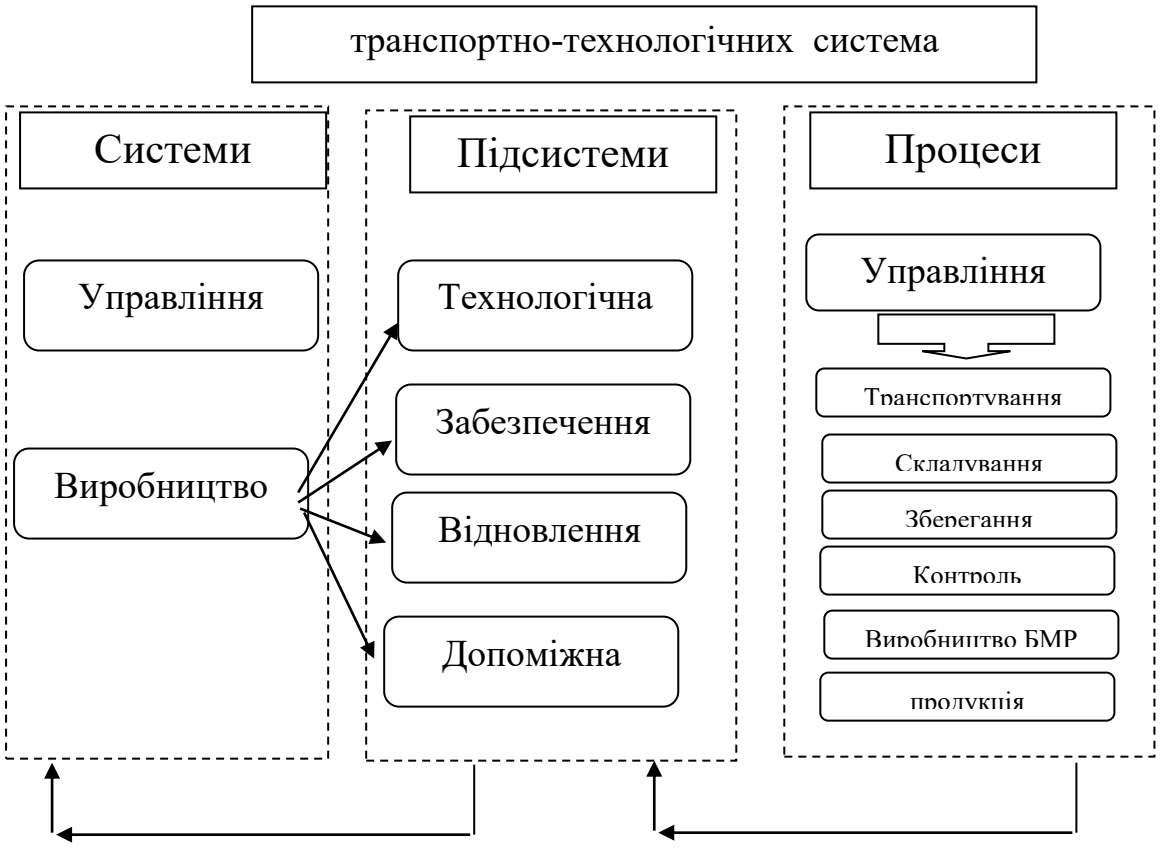


Рисунок 2.1 - Визначення транспортно-технологічних система

Технологічні схеми транспортних процесів представляють собою графічні або текстові описання, що ілюструють послідовність і методи

переміщення матеріалів, обладнання і персоналу в межах певного процесу. Вони відображають організацію і координацію різних елементів транспортування і обробки, що дозволяє забезпечити ефективність та контроль за виконанням робіт.

Основні компоненти технологічних схем включають:

1. Процеси: Операції або дії, які виконуються в рамках транспортного процесу, такі як завантаження, переміщення, розвантаження, обробка.

2. Об'єкти: Матеріали, обладнання і персонал, які беруть участь у процесі.

3. Шляхи переміщення: Маршрути, по яких переміщуються об'єкти, включаючи дороги, конвеєри, підйомники.

4. Контрольні точки: Місця, де проводяться перевірки або контроль якості, або де приймаються управлінські рішення.

5. Періоди часу: Часові інтервали, протягом яких виконуються певні дії або процеси.

Значення технологічних схем транспортних процесів

Технологічні схеми мають кілька важливих функцій:

1. Планування і проектування: Допомагають в плануванні і проектуванні транспортування матеріалів і обладнання, визначають найбільш ефективні маршрути і методи обробки.

2. Управління процесами: Дозволяють управляти і контролювати виконання транспортних процесів, забезпечують своєчасне виконання робіт і уникнення затримок.

3. Оптимізація: Допомагають визначити можливості для оптимізації процесів, зменшення витрат і підвищення ефективності.

4. Комунікація: Забезпечують чітке уявлення про процеси для всіх учасників проекту, що сприяє кращій координації і взаєморозумінню.

5. Контроль якості: Дають можливість проводити контроль якості на різних етапах процесу, забезпечуючи відповідність стандартам і вимогам.

Типи технологічних схем транспортних процесів

1. Схеми потоків

Схеми потоків ілюструють рух матеріалів і обладнання по всьому процесу, показуючи, як різні елементи переміщуються від одного етапу до іншого. Вони допомагають визначити оптимальні маршрути і точки контролю.

- Прямі схеми: Відображають прямі маршрути переміщення об'єктів без зупинок або зміни напрямку.
- Змішані схеми: Включають як прямі, так і кругові маршрути, що дозволяє враховувати складніші процеси.

2. Схеми процесів

Схеми процесів описують окремі етапи і операції в рамках транспортного процесу, включаючи всі взаємодії між етапами.

- Лінійні схеми: Відображають послідовність етапів, де кожен наступний етап залежить від попереднього.
- Мережева схема: Включає кілька паралельних і взаємопов’язаних процесів, що можуть перетинатися або виконуватися одночасно.

3. Схеми маршрутизації

Схеми маршрутизації показують, як саме матеріали і обладнання переміщуються по майданчику або між різними майданчиками.

- Географічні карти: Включають детальні карти місцевості з зазначеними маршрутами і розташуванням об'єктів.
- Інтерактивні карти: Використовують сучасні технології для візуалізації і моніторингу маршрутів у реальному часі.

4. Схеми управлінських процесів

Ці схеми відображають, як управляються і контролюються різні аспекти транспортного процесу, такі як ресурсні потоки, контроль якості і управлінські рішення.

- Ієрархічні схеми: Відображають організаційну структуру і процеси на різних рівнях управління.

- Схеми прийняття рішень: Показують, як приймаються управлінські рішення на основі отриманих даних і результатів.

Процес розробки технологічних схем

Розробка технологічних схем включає кілька етапів:

1. Аналіз потреб

На цьому етапі визначаються потреби і вимоги до транспортного процесу, включаючи типи матеріалів, обладнання, маршрути і точки контролю.

2. Проектування

Розробляються перші варіанти схем, які враховують всі вимоги і особливості процесу. Це може включати як графічні, так і текстові описання.

3. Моделювання

Моделювання процесів дозволяє перевірити схеми в умовах симуляції, щоб виявити потенційні проблеми і можливості для оптимізації.

4. Верифікація

Перевірка схем на відповідність вимогам і стандартам, а також на практичну реалізованість.

5. Імплементація

Реалізація схем у реальному процесі, що включає налаштування обладнання, організацію роботи персоналу і забезпечення необхідних ресурсів.

6. Моніторинг і корекція

Постійний моніторинг процесу і корекція схем на основі отриманих даних і зворотного зв’язку.

Приклади технологічних схем в різних галузях

1. Будівництво

В будівництві технологічні схеми можуть включати переміщення матеріалів, таких як бетон, цегла, арматура, а також організацію роботи будівельної техніки і персоналу.

- Приклад: Схема для будівництва багатоквартирного будинку може включати маршрути для доставок бетону, організацію кранів для підйому матеріалів, а також розташування складів для зберігання.

2. Промисловість

У промислових процесах технологічні схеми часто використовуються для опису потоків сировини, готової продукції і відходів.

- Приклад: Схема для заводу з виготовлення автомобільних деталей може включати етапи обробки металу, складання деталей, контроль якості і упаковку готової продукції.

3. Логістика

В логістиці технологічні схеми допомагають управляти переміщенням вантажів, включаючи транспортування, зберігання і обробку.

- Приклад: Схема для складу з продукцією може включати маршрути для вивантаження вантажів, розподіл товарів по полицях і організацію підготовки до відправки.

4. Енергетика

В енергетичних процесах технологічні схеми можуть включати етапи транспортування і обробки енергоресурсів, таких як нафта, газ, електрика.

- Приклад: Схема для нафтопереробного заводу може включати процеси транспортування нафти, її очищення, переробки і зберігання готової продукції.

Сучасні підходи до розробки технологічних схем

1. Інформаційні технології

Сучасні програмні рішення, такі як CAD (Computer-Aided Design) та BIM (Building Information Modeling), дозволяють створювати детальні і точні технологічні схеми, які можуть інтегруватися з іншими системами для моніторингу і управління.

2. Автоматизація

Впровадження автоматизованих систем управління допомагає реалізувати технологічні схеми в реальному часі, забезпечуючи оперативний контроль і корекцію процесів.

3. Аналіз даних

Використання аналітичних інструментів для оцінки ефективності технологічних схем, виявлення вузьких місць і можливостей для поліпшення.

4. Моделювання і симуляція

Застосування моделей і симуляцій для перевірки і оптимізації схем, що дозволяє передбачити можливі проблеми і знайти ефективні рішення.

Технологічні схеми транспортних процесів є невід'ємною частиною успішного управління і оптимізації транспортних процесів. Вони дозволяють детально спланувати і організувати переміщення матеріалів і обладнання, забезпечити ефективність і контроль, а також підвищити якість виконання проектів. Використання сучасних підходів і технологій у розробці і реалізації технологічних схем дозволяє досягти високих результатів, зменшити витрати і забезпечити ефективність процесів у різних галузях.

3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Методи математичного моделювання системотехнічного дослідження транспортно-технологічного процесу будівельних потоків

Системотехнічне дослідження транспортно-технологічних процесів в будівельній галузі є критично важливим для забезпечення ефективності, безпеки та економічності будівельних проектів. Транспортно-технологічні процеси охоплюють всі етапи переміщення та обробки матеріалів, обладнання та робочої сили на будівельних майданчиках. Математичне моделювання стає потужним інструментом для аналізу, прогнозування та оптимізації цих процесів. У цьому тексті ми розглянемемо основні методи математичного моделювання, які використовуються для дослідження транспортно-технологічних процесів в будівництві, їх особливості, переваги та обмеження.

Математичне моделювання є потужним інструментом для розв'язання складних проблем в різних сферах науки і техніки. Воно дозволяє описувати реальні системи та процеси за допомогою математичних моделей, що, у свою чергу, забезпечує можливість аналізу, прогнозування та оптимізації. Методи математичного моделювання використовуються для розв'язання різних завдань, таких як прогнозування кліматичних змін, оптимізація промислових процесів, аналіз економічних систем і багато іншого. У цьому тексті ми розглянемо основні методи математичного моделювання, їх особливості, переваги та обмеження.

Математичне моделювання – це процес створення математичних описів реальних систем або процесів з метою їх аналізу і прогнозування. Модель може бути у вигляді рівнянь, функцій, графіків або інших

математичних конструкцій, які відображають поведінку системи або процесу.

Основи математичного моделювання в системотехніці

Математичне моделювання в системотехніці включає створення абстрактних моделей, що представляють реальні системи або процеси. У контексті транспортно-технологічних процесів в будівництві, ці моделі використовуються для опису і аналізу потоків матеріалів, обладнання і працівників на будівельних майданчиках. Основними етапами цього процесу є:

1. Формулювання проблеми: Визначення мети моделювання, збору даних про процеси та формулювання задач, які потрібно вирішити.

2. Розробка моделі: Створення математичних описів системи, що може включати рівняння, функції та алгоритми.

3. Аналіз моделі: Розв'язання рівнянь і перевірка моделі на відповідність реальним даним.

4. Валідація: Перевірка моделі через порівняння з реальними даними та результатами.

5. Імплементація і корекція: Використання моделі для практичних завдань і коригування на основі отриманих результатів.

Методи математичного моделювання для транспортно-технологічних процесів

1. Аналітичні методи

Аналітичні методи використовуються для розв'язання математичних моделей, які можуть бути описані точними рівняннями.

- Диференціальні рівняння: Вони моделюють динамічні аспекти транспортно-технологічних процесів, такі як зміни у часі в переміщенні матеріалів або швидкості обробки. Наприклад, диференціальні рівняння можуть використовуватися для моделювання динаміки вантажопотоків або змін в обсягах заповнювачів на будівельному майданчику.

- Лінійні алгебраїчні рівняння: Вони корисні для моделювання систем, де можна описати зв'язки між різними змінними за допомогою лінійних рівнянь. Наприклад, лінійні рівняння можуть використовуватися для розрахунку ресурсного забезпечення або координації дій між різними етапами будівництва.
- Оптимізаційні рівняння: Моделюють задачі оптимізації, такі як мінімізація витрат на транспортування або максимізація ефективності використання ресурсів. Це може включати розрахунок оптимальних маршрутів для транспортування матеріалів або визначення найкращих точок для розміщення обладнання.

2. Чисельні методи

Чисельні методи використовуються для моделювання складних систем, де аналітичні рішення можуть бути недоступними.

- Метод кінцевих різниць: Цей метод апроксимує розв'язання диференціальних рівнянь шляхом дискретизації часу і простору. Він часто використовується для моделювання теплопередачі, механіки рідин або інших процесів, що змінюються в часі.
- Метод Монте-Карло: Застосовується для оцінки ймовірностей і статистичних властивостей у випадкових процесах. Наприклад, метод Монте-Карло може бути використаний для оцінки ймовірності затримок в транспортних процесах або для прогнозування невизначеностей у ресурсних витратах.
- Метод Ньютона-Рафсона: Використовується для розв'язання нелінійних рівнянь, що можуть виникати в процесі моделювання складних транспортних і технологічних систем.

3. Статистичні методи

Статистичні методи використовуються для аналізу даних і оцінки тенденцій у транспортно-технологічних процесах.

- Регресійний аналіз: Моделює залежності між змінними, такими як залежність витрат на транспортування від обсягу вантажу або вплив погодних умов на швидкість виконання робіт.
- Аналіз часового ряду: Моделює дані, що змінюються в часі, для прогнозування майбутніх значень, таких як прогнозування обсягів матеріалів, які потрібно доставити на будівельний майданчик.
- Аналіз кореляції: Визначає зв'язки між різними змінними в транспортно-технологічних процесах, допомагаючи виявити основні фактори, що впливають на ефективність процесу.

4. Евристичні та оптимізаційні методи

Ці методи використовуються для пошуку оптимальних рішень у складних системах.

- Генетичні алгоритми: Імітують природний відбір для пошуку оптимальних рішень в складних просторах рішень. Генетичні алгоритми можуть використовуватися для розв'язання задач оптимізації маршрутів або розподілу ресурсів на будівельному майданчику.
- Метод симульованого відпалу: Базується на імітації процесу відпалу в металах для знаходження глобальних оптимумів. Цей метод може бути застосований для оптимізації розміщення обладнання або планування робіт.
- Метод роя частинок: Імітує поведінку роя частинок для пошуку оптимальних рішень. Цей метод може бути корисним для оптимізації параметрів будівельних процесів або для розробки ефективних планів транспортування.

5. Системи і мережі

Моделювання систем і мереж включає створення моделей для аналізу і управління складними системами.

- Моделі мереж: Включають моделювання транспортних мереж, таких як маршрути постачання матеріалів або логістичні системи. Моделі мереж допомагають у плануванні і оптимізації транспортних маршрутів та зменшенні витрат на транспортування.

- Моделі систем управління: Моделюють процеси управління в будівельних проектах, такі як координація між різними підрядниками, управління ресурсами і контроль якості. Це може включати розробку алгоритмів для автоматизації управлінських процесів.
- Моделі обробки інформації: Моделюють процеси обробки інформації в системах управління будівельними проектами. Це може включати моделювання потоків даних, інформаційних систем і систем комунікацій.

Приклади застосування методів моделювання в будівництві

1. Оптимізація транспортних маршрутів

Математичні моделі використовуються для оптимізації маршрутів транспортування матеріалів. Це включає розробку алгоритмів для визначення найкоротших і найефективніших маршрутів, що дозволяє зменшити витрати на транспортування і час доставки.

2. Управління ресурсами

Моделі оптимізації ресурсів допомагають в плануванні і управлінні ресурсами, такими як матеріали, обладнання і робоча сила. Це може включати моделювання запасів, розподіл ресурсів і планування завдань.

3. Прогнозування будівельних витрат

Статистичні і регресійні моделі використовуються для прогнозування витрат на будівництво, включаючи витрати на матеріали, роботу і техніку. Це допомагає в складанні бюджету і контролі витрат.

4. Аналіз і управління ризиками

Методи Монте-Карло і статистичні моделі використовуються для оцінки ризиків, пов'язаних з будівельними проектами. Це включає оцінку ймовірностей затримок, перевитрат і інших непередбачених обставин.

5. Моніторинг і контроль якості

Моделі систем управління допомагають в моніторингу і контролі якості виконання будівельних робіт. Це може включати моделювання процесів контролю якості, виявлення дефектів і корекцію проблем.

Обмеження і виклики математичного моделювання

1. Припущення і спрощення

Математичні моделі часто базуються на припущеннях і спрощеннях, що може вплинути на точність результатів. Наприклад, не всі фактори, які впливають на транспортно-технологічні процеси, можуть бути враховані в моделі.

2. Обчислювальна складність

Деякі методи моделювання можуть бути дуже обчислювально складними, що потребує значних ресурсів для розрахунків. Це може бути особливо актуально для великих і складних систем.

3. Валідація моделі

Моделі можуть не завжди точно відображати реальні умови, що може призвести до помилкових результатів. Важливо проводити валідацію і корекцію моделей на основі нових даних.

4. Невизначеність і випадковість

Багато процесів характеризуються невизначеністю і випадковістю, що може ускладнити моделювання. Моделі можуть не завжди адекватно відображати ці аспекти.

Методи математичного моделювання є важливими інструментами для системотехнічного дослідження транспортно-технологічних процесів в будівництві. Вони дозволяють ефективно аналізувати, прогнозувати і оптимізувати різні аспекти будівельних проектів. Використання аналітичних, чисельних, статистичних, евристичних та оптимізаційних методів дозволяє вирішувати складні задачі і досягати високих результатів. Однак, необхідно враховувати обмеження і виклики, що виникають при моделюванні, і проводити регулярну валідацію і корекцію моделей. Завдяки розвитку технологій і методів обробки даних, можливості математичного моделювання продовжують розширюватися, що дозволяє вирішувати все більш складні і масштабні завдання в будівництві.

3.2 Методи оптимізації транспортно-технологічних процесів

Для вирішення проблеми розвитку і розміщення виробничої бази будіндустрії пропонується використовувати сітьову модель з обмеженою пропускною спроможністю. Розглядається граф **G (U,A)**, **U** [27, 47] - безліч вузлів, **A** [47] - безліч дуг. Модель повинна відображати реальні умови постачань сировини (обов'язкові закупівлі), вартість сировини і продукції, рівні виробництва, собівартість виробництва, вартість транспортування продукції, а також показник попиту. Структура моделі залежить від об'єму елементів, що включаються в неї і від реальних можливих зв'язків постачань сировини, об'ємів постачань, його вартості і перевезення.

Для використання методики визначення оптимального рішення слід виконати дві процедури:

1. Сформулювати вихідне завдання у вигляді потокової задачі, що має обмежену пропускну спроможність.

2. Задати початкові значення подвійних змінних **Пk** (вузлових чисел) і початкову циркуляцію, що задовольняє умові збереження потоку.

Що стосується першої процедури, то розглянемо спочатку конфігурацію моделі з одним джерелом і стоком (які насправді можуть бути головним джерелом і головним стоком). Дана конфігурація представлена на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Відкрита модель з обмеженою пропускною спроможністю

Для побудови системи типа замкнутої петлі необхідно ввести дугу, що сполучає вузол **t** з вузлом **S**. Ця дуга називається поворотною. Для неї визначаються такі ж характеристики, як і для всіх останніх дуг (**i**, **j**) ∈ **A**, а саме: їй приписується три значення пропускної спроможності - вартість (**F,L,C**) і двоїсті змінні **Пs** і **Пt**. Конфігурація повної сіті, утвореної після введення поворотної дуги, показана на рис. 3.2.

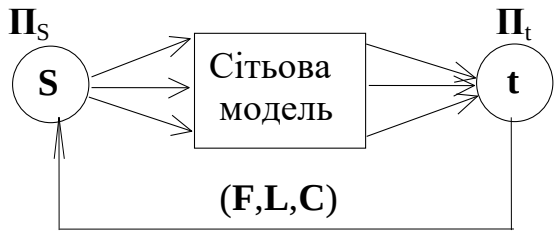


Рисунок 3.2 - Замкнута модель з обмеженою пропускною спроможністю

Таким чином, для складання моделі необхідно мати як значення трійки (**F,L,C**), так і знати повну ситуацію всього комплексу процесів, фактичні зв'язки з постачальниками, можливі об'єми постачань сировини, його вартість і об'єми. Сировина, що перевозиться, визначає обсяги виробництва продукції в пунктах її виготовлення.

У основі виготовлення продукції знаходиться та або інша технологія виробництва, що визначає його собівартість і можливі границі (діапазон) виробництва.

Продукція прямує до споживачів, готових прийняти її від мінімально можливого об'єму до максимально необхідного, при цьому значну роль відіграють відпускні ціни і транспортні витрати.

Модель повинна відображати всі зв'язки, важливі для конкретних споживачів (вузлів), і рішення задачі полягає у визначенні таких потоків по дугах, які визначають оптимальне рішення, тобто сумарна вартість

проходження потоку має бути мінімальна. Загальний вигляд моделі показаний на рис. 3.3.

Як видно з рис. 3.3 модель по горизонталі компонується із структурних блоків, які залежно від конкретних особливостей модельованої ситуації відображають фізичний сенс і об'єм задачі: обов'язкові закупівлі сировини, вартість його виробництва, собівартість перевезення продукції, показник попиту продукції. Фізичний сенс кожної дуги носить універсальний характер і відображає обсяг виробництва (тис. шт. цеглин, $м^3$ виробництва ЗБК, $м^2$. виробництва столярних виробів, тис. кВт, тони зерна, цементу, вугілля, нафти і так далі). В загальному випадку будь-яка фізична величина має назву – потік ($\mathbf{f_{ij}}$).

Відмінність зворотньої дуги має те значення, що, будучи ідентичною по сенсу всім операціям, вона є засобом корегування потоку по замкнутому циклу. Ця вартісна властивість використовується в алгоритмі і не дозволяє порушувати умову збереження (рівновага вузлів).

Таким чином, запропонована модель володіє новизною, як в частині формалізації і включення в неї міжсистемних зв'язків, так і в методі вирішення задачі шляхом використання зворотньої дуги, яка сприяє перерозподілу потоків з метою оптимізації рішення.

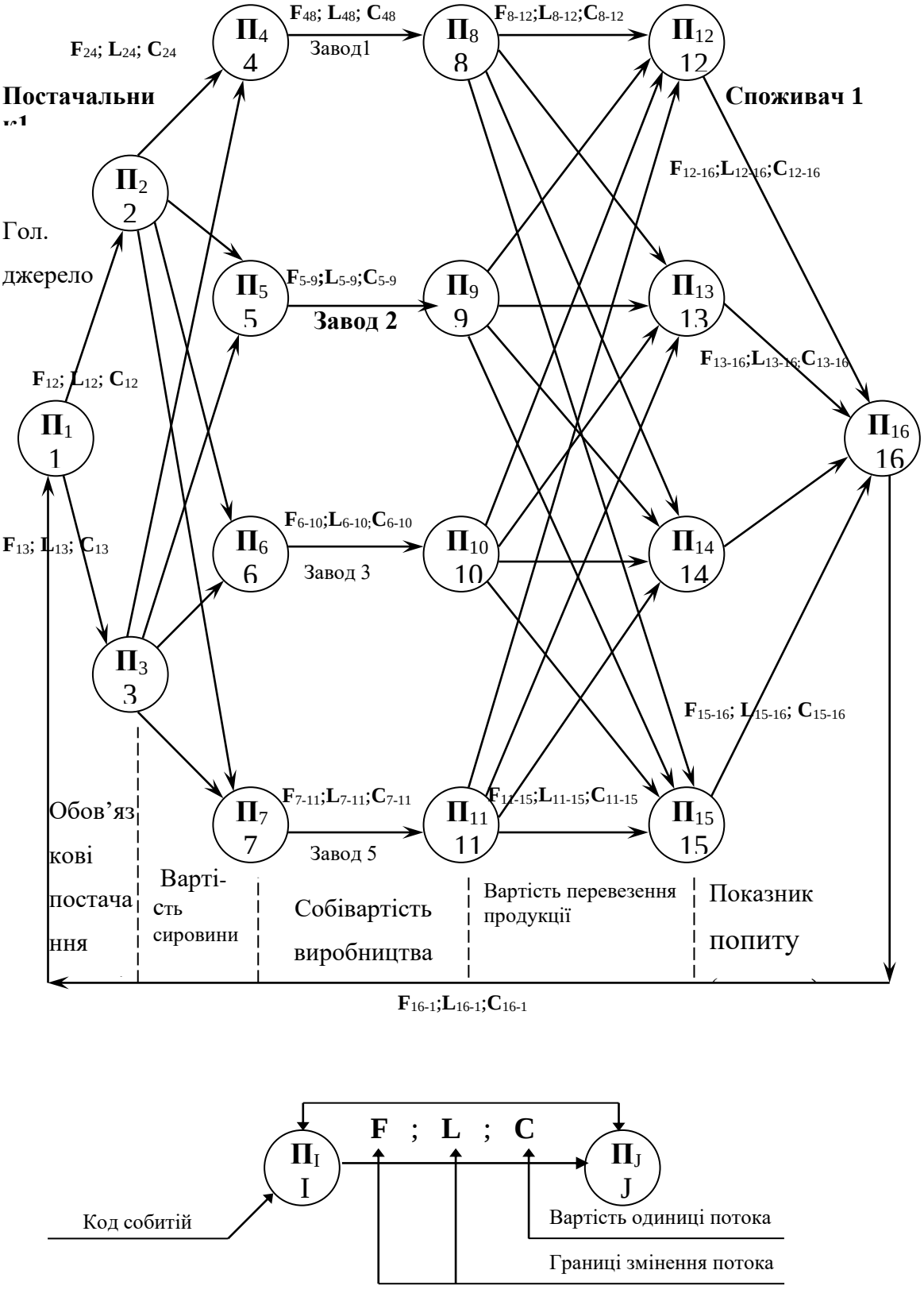


Рисунок 3.3- - Модель виробництва та розподілення

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ПЛАНУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ НА ЛОГІСТИЧНИХ ЗАСАДАХ

4.1 Системотехнічні підхід, як платформа розв’язання поставленого завдання

Ключовим елементом у визначенні проблеми планування та розвитку будівельної галузі є виробнича система. В даний час існує безліч наукових досліджень [9, 10, 11, 12, 13 ,14] присвячених даному питанню. При цьому багато які дослідження не розкривають аспекти розвитку виробничої системи, не відображають її прихильності до постійного генерування змін. У силу цього виробничу систему можна визначити як сукупність активних елементів, представлених групами людей, об'єднаних, оснащених і взаємодіючих в рамках здійснення виробничого процесу на основі узгоджених інтересів при постійному підвищенні виробничих можливостей. Таке підвищення передбачає розвиток двох підсистем: організаційної та технічної.

Наявність даних підсистем дозволяє визначити організаційно-технічний розвиток як комплекс активних організаційних змін, які полягають у розробці та реалізації проектів, що приводять до якісних перетворень технічних характеристик обладнання, технологічних процесів і до підвищення виробничих можливостей підприємства. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що ОТР визначається не просто вимогами насичення підприємства новими засобами праці та їх удосконаленням. Це скоріше форма відтворення виробничого апарату, що є його комплексне перетворенням з метою зміни та підтримання протягом певного часу матеріально-технічної бази підприємства та її необхідного рівня, необхідного

для забезпечення випуску конкурентоспроможної продукції при оптимальному рівні витрат.

Досвід створення та застосування автоматизованих систем в будівництві (що розпочався у 70-ті роки минулого століття) дозволив виявити їх позитивні і негативні сторони, показав їх тісний взаємозв'язок і необхідність комплексної системної розробки [14]. Це вимагає залучення нових наукових і інженерних знань, заснованих на суб'єктної взаємодії явищ, на теорії функціональних систем, на останніх досягненнях системотехніки, яка і є логічним продовженням застосування автоматизованих систем у будівництві.

Системотехнічні підхід забезпечує об'єднання різних питань і процесів у будівництві, роз'єднаних спеціалізацією та відомчої роз'єднаністю, служить запорукою успішного вирішення будівельних завдань.

Адаптивність, тобто пристосованість будівельної фірми до змін зовнішнього середовища – явище багатогранне. З точки зору логістики будівництва адаптивність будівельної фірми проявляється у здатності її виробничого апарату та організаційної структури досить швидко перебудуватися під зміни ринкової кон'юнктури і характер основних економічних потоків. Звичайно рівень адаптивності зростає в міру збільшення запасів і резервів. Але, підвищуючи адаптивність за рахунок збільшення запасів і резервів, повинні завжди брати до уваги кінцеву результативність ведення логістики, яка повинна забезпечити досягнення загально фірмових цілей з найменшими витратами.

В основі виготовлення продукції знаходиться та чи інша технологія виробництва, яка визначає його собівартість і межі (діапазон) виробництва. Продукція слідує до споживачів, готових прийняти її від мінімально можливого обсягу до максимально необхідного, при цьому роль відіграють відпускні ціни і транспортні витрати.

У сучасних економічних умовах промислова продукція що випускається повинна збуватися споживачам з урахуванням ринкового

попиту, тобто ціну визначить ринок, однак «плаваючі» ціни слід орієнтувати на певні умови, які необхідно прогнозувати. Тому після виробництва продукції слід мати чітке уявлення про шляхи її руху, кількісних співвідношеннях, доцільності поставки в ефективні пункти з урахуванням вимог маркетингу.

Все назване вимагає конструювання таких моделей, які б відображали сутність системи, тобто охоплювали б всі наявні зони і сторони її функціонування, умови і обмеження. Критерієм оптимальності завдання залишається мінімізація сукупних витрат. Тут закладаються вимоги обліку міжсистемних зв'язків, логістичного і системотехнічного підходів.

Значення системотехніки будівництва буде постійно зростати у зв'язку з необхідністю конструювання великої кількості різноманітних будівельних систем. Тому потрібен активний розвиток системотехніки будівництва як науково-інженерної методології ефективного проектування, конструювання, функціонування будівельних систем і міжсистемних зв'язків, що володіють великою різноманітністю і індивідуальністю.

Резерви вирішення більшості організаційно-технологічних проблем знаходяться в комплексі взаємозв'язків функціональних підсистем будівельного виробництва, а не тільки на стиках і нічийних зонах окремих підсистем. Порушення системної методології (системи принципів і способів організації і побудови теоретичної і практичної діяльності) привело до роз'єднаності підходів в інформаційних та функціональних аспектах, відсутності єдності моделюючого простору і крізної інформаційної підтримки при вирішенні комплексу задач організаційно-технологічної підготовки, а також сумісності і єдиного знаменника.

Управлінські функції включають основні (базові) види діяльності, які реалізують(здійснюють) управлінські працівники (менеджери) на всіх рівнях і у всіх наочних областях проектів (об'єктів, програм).

Існуючі області підсистем і управлінські елементи включають строки трудові ресурси, вартість і витрати, доходи, закупівлі і постачання ресурсів і

послуг, розподіл ресурсів, зміни і ризики, інформація і комунікації, запаси і якість. Все перераховане вимагає управління і утворює підсистеми по основних існуючих областях.

Прийнята методологія виділення на основі аналізу підсистем з систем управління (СУ) будівельним виробництвом акцентується на чотирьох блоках (крупних підсистемах): структурна – по рівнях управління, функціональна, етапна (тимчасова або підсистема планерування), забезпечуюча**.**

Структурна підсистема виділяє наявні рівні управління відповідно до існуючої організаційної структури управління – перший рівень, другий, або міністерство – главк (компанія), комбінат(асоціація), трест, СМУ(фірма).

Функціональна підсистема відображає функції управління – управління інтеграцією, змістом проекту, строками, вартістю, якістю, трудовими ресурсами, комунікаціями, ризиками, поставками.

Етапна **(**часова) підсистема розглядує наочні області і керовані елементи включаючи терміни, трудові ресурси, вартість і витрати, закупівлі і постачання ресурсів і послуг, зміни, ризики і др. Якщо виділити функцію планування, то вона її реалізує в стратегічному, річному і оперативному розрізах, маючи на увазі, якщо узяти трудові ресурси, то вони розподіляються по названих розрізах планування.

Забезпечуюча підсистема (частка системи) включає складові її блоки: ІО- інформаційне забезпечення, МО – математичне забезпечення, ТО – технічне забезпечення, ЛО – лінгвістичне забезпечення, ПО – програмне забезпечення, ОЗ – організаційне забезпечення, МеО – методичне забезпечення, ПрО – програмне забезпечення.

Таким чином, задача розміщення і розвитку виробництва (база будіндустрії в регіональному будівельному комплексі) є організаційно-технологічною проблемою, вирішення якої знаходиться на стиках і в нічийних зонах в комплексі взаємозв'язаних функціональних підсистем будівельного виробництва. Для обліку впливу взаємозвязності, взаємодії

необхідне уміння розробити моделі адекватні умовам задачі, розкрити і врахувати інформаційні, функціональні і інші необхідні міжсистемні зв'язки, взаємосприяючі досягненню системою кінцевого заданого результату.

На стиках і в нічийних зонах систем відбуваються небажані різні процедури:

- збої в роботі у зв'язку з відсутністю системного підходу;
- неконтрольовані дії;
- брак інформації і плутанина;
- інформаційна закритість;
- роз'єднаність в підходах і заплутаність;
- дублювання і перекривання один одного (учасників процесу);
- ворожість усередині системи з причини алогічних дій;
- суперечність нормативної бази;
- відсутність синергізму і адаптивності, порушення принципів логістики та системотехніки;
- незіставність, немає єдності середовища і сумісності, немає крізної інформаційної підтримки і ін.(все те, що створює труднощі)

Облік перерахованих чинників представляє задачу управління, рішення якої пояснює вимога адекватного підходу до їх моделювання і реалізації відповідних функцій. Складна структура систем, функціональна цілісність і стійкість єдності із зовнішнім середовищем складають основу гармонійного менеджменту, т.з. впорядкованості, узгодженості, стійкості, стабільності, строгості всіх складових частин як усередині між собою, так і із зовнішніми функціями.

Проблема планування (вибір) розміщення і розвитку виробництва (наприклад бази БІ) вимагає її рішення з урахуванням міжсистемних зв'язків, які повинні відображати весь комплекс проблемних функціональних питань і знайти втілення в пропонованій економіко - математичної моделі.

Проблемні питання витікають (з'являються) при постановці задачі по визначенню оптимального варіанту розміщення і обсягу виробництва, а по

світових стандартах існує типова методика в підході до рішення системотехнічних проблем, яка включає сім етапів і окрім постановки задачі слід її описати і розробити модель після чого приводиться (знаходиться, пропонується, розробляється) метод рішення, а по ньому алгоритм і вирішуються питання програмування, а також визначення ефекту (користі) від впровадження пропонованої методики. Модель задачі повинна носити характер інтеграцій і мінімізувати роз'єднаність між стиковими блоками (функціональними підсистемами).

Для подолання асиметрії в моделюванні пропонується новий підхід, який на нашу думку, ліквідовує, нейтралізує багато негативних питань (але не всі), приведених вище.

Такий підхід представлений на рис. 4.1.

1	Структура логістичної системи. Умови постачань сировини(обов'язкові закупівлі)	Вирішується задача: об'єми постачань початкової сировини, виходячи з можливих меж L_{ij}-U_{ij}, C_{ij} вартість одиниці, i=1,2..,n J=2,3...,m	Обгрунтування (визначення) можливостей постачань f_{ij} з діапазону L_{ij}-U_{ij}	Блок 1

Стики і нічийні зони

2	Об'єми перевезень сировини (вартість початкової сировини)	Вирішується задача: звідки (пункт) перевозиться сировина f_i з (L_{ij}-U_{ij}) L_i,U_{ij}– мінімум та максімум об'єм перевезень C_{ij}-вартість з і в j	Початкові дані задачі L_{ij}, U_{ij}, C_{ij} - визначаються матеріальні потоки f_{ij} перевезень	Блок 2

Стики і нічийні зони

3	Вартість переробки і обсяги виробництва продукції	Вирішується задача: де виробляється продукція (пункт або дисклокація підприємства) Скільки виробляти - f_i потік, вартість виробництва продукції	Початкові дані $[(i-j),L_i,U_i,C_{ij}]$ Визначається матеріальний потік продукції f_i з $(L_{ij}-U_{ij}),C_i$	Блок 3

Стики і нічийні зони

4	Вартість перевезення продукції (транспортування)	Вирішується задача: об'єми перевезення продукції у вигляді матеріальних потоків -f_i звідки, куди, скільки, кому	Початковідані $(i-j)\in A$, L_i,U_i,C_{ij}	Блок 4

Стики і нічийні зони

5	Одержувачі продукції (продаж) показник попиту	Вирішується задача: об'єми матеріальних продуктових потоків -f_i. Скільки, кому і по яких цінах продавати	Управління попиту на продукцію f_i, C_{ij}	Блок 5

Рисунок 4.1 – Інтеграція виробництва з урахуванням міжсистемних зв'язків

Резерви від проблем знаходяться в комплексі взаємозв'язків функцій і підсистем на стиках в нічийних зонах.

Описова структура другого етапу стандарту вимог (сім етапів) приведена на рис.4.1, де видно, що її перший блок включає елементи логістичної системи і насамперед закупівлі і постачання сировини. Слід встановити об'ємипостачань з передбачуваних джерел, а при рішенні задачі після постачань (блок 1 рис.4.1) слідує закупівля сировини.

Встановлений об'єм постачань в результаті рішення задачі управління необхідно транспортувати на виробничі підприємства. Розглянемо блок 2, проте об'єм сировини може доставлятися в повному об'ємі на одне підприємство, а може максимальний потік постачань распаралелюватися, це стане ясно в результаті комплексного рішення задачі і має місце змішана стратегія, а не чиста, що сприяє вибору економного варіанту (проміжного).

Наступний блок 3 (рис.4.1) вирішує проблему функціональної підсистеми виробництва продукції (наприклад, металевих конструкцій).

Блок 4 (рис.4.1) реалізує задачу перевезення готової продукції і відповідає на питання скільки за об'ємом, звідки, куди (споживач) перевозити продукцію.

Блок 5 (рис.4.1) визначає об'єми матеріальних продуктивних потоків і, таким чином, задовольняє попит на продукцію.

В наступному розділі представлена модель, розроблена на основі теорії графів, яка об'єднала при передбачуваному підході п'ять виробничих блоків (функціональних підсистем). На наше переконання така модель здатна відобразити міжсистемні зв'язки ланцюга сировина – транспорт - виробництво продукції – транспорт – споживач.

4.2 Економіко-математична постановка задачі з планування виробничих систем, що враховують міжсистемні зв'язки та реалізацію руху матеріальних потоків з урахуванням логістизації

Для рішення задачі з планування виробничих систем враховуючи міжсистемні зв'язки використовуємо укрупнений алгоритм, в якому задані наступні умови ухвалення рішень: принцип моделювання – особливі стани системи; інтенсивність виконання робіт – постійна і безперервна; жорсткі обмеження у ресурсах [1].

Алгоритм АВД є прямо-подвійним алгоритмом, тому задане початкове рішення може не задовольняти умовам ні прямої, ні подвійної задачі. Інші алгоритми не мають такої гнучкості [1].

Математична постанова та процеси рішення:

I. Початковими даними для рішення задач визначення оптимального обсягу будівельних ресурсів (БР) є:

- c_{ij} - вартість перевезення БР;

- верхня (U) і нижня (L) пропускна здатність - обсяги БР.

Всі потоки і подвійні змінні прирівнюються до «0».

II. Визначення дуги з дефектом.

При роботі алгоритму дефекту визначаються значення π_i (двоїсті змінні) і f_{ij},, (потік) для яких виконуються умови оптимальності.

Для роботи АВД необхідно для дуг встановити довільні потоки, які задовольняють умові збереження, а вузлам довільні величини π_i. При роботі алгоритма кожна дуга може знаходитися в одному з дев'яти взаємнонезалежних станів, пов'язаних з умовами оптимальності (табл.4.2).

Таблиця 4.2 – Можливі варіанти стану дуги

Стан	Вартість $(\hat{c}_{ij})$	Потік (f_{ij})	Відсутній дефект?
α	$\hat{c}_{ij}>0$	$f_{ij}=L$	Так
β	$\hat{c}_{ij}=0$	$L \le f_{ij} \le U$	Так
δ	$\hat{c}_{ij}<0$	$f_{ij}=U$	Так
α_1	$\hat{c}_{ij}>0$	$f_{ij}<L$	Ні
β_1	$\hat{c}_{ij}=0$	$f_{ij}<L$	Ні
δ_1	$\hat{c}_{ij}<0$	$f_{ij}<U$	Ні
α_2	$\hat{c}_{ij}>0$	$f_{ij}>L$	Ні
β_2	$\hat{c}_{ij}=0$	$f_{ij}>U$	Ні
δ_2	$\hat{c}_{ij}<0$	$f_{ij}>U$	Ні

Перевіряючи стан дуги, можна змінювати потоки по них до тих пір, поки не будуть виконані умови оптимальності. За значенням c_{ij} можна однозначно визначити, чи є дуга дефектною чи ні, а також виявити, що потрібно робити – збільшувати або зменшувати потік по дузі, для того щоб вона перестала бути дефектною. Зміна потоку по дузі призводить до порушення у вузлах що зв'язані з нею, оскільки порушується умова збереження потоку. Цього можна уникнути, якщо змінювати потік по циклу, але шлях слід вибрати так, щоб, по-перше, жодна бездефектна дуга не стала дефектною і, по-друге, жодна з дефектних дуг не стала більш дефектною. Процедура, що дозволяє визначити, яким чином слід змінити потоки після всіх дуг що розглядаються і який шлях слід вибрати, отримала назву у фаховій літературі [1] – процедури розстановки позначок.

III. Процедура розстановки позначок.

1) Для того щоб дуга *(i,j)* перестала бути дефектною, потік по ній слід збільшити, тоді вона знаходиться в одному із станів α_1, β_1, δ_1. . Приписати вузлу j позначку $[q_j,i^+]$, яка означає, що вузол j може отримати q_j додаткових одиниць потоку з вузла i. Якщо дуга знаходиться в стані α_1, то q_j визначити рівним min $[q_i,L_{ij} - f_{ij}]$, а якщо в стані β_1 або δ_1, то q_j визначити рівним $[q_i,U_{ij} - f_{ij}]$.

2) Якщо потік по дузі *(i,j)* слід зменшити, то вона знаходиться в одному із станів α_2, β_2, δ_2. Приписати вузлу *i* позначку *[qi, j⁻],* яка означає, що потік, що виходить з вузла *i* та входить у вузол *j*, може бути зменшений на величину q_i. Якщо дуга знаходиться в стані α_2 або β_2, то q_i визначити рівним min $[q_j, f_{ij} - L_{ij}]$, а якщо - у стані δ_2, то *qi* визначити рівним min $[q_j, f_{ij} - U_{ij}]$.

3) Якщо дуга *(i,j)* знаходиться в одному із станів α, β, δ, то вона не є дефектною, і потік по ній змінювати не треба. Виняток становить стан β для якого потік можна збільшити або зменшити таким чином, що ні одна з умов не буде порушена. Величина приросту потоку по дузі визначається за станом цієї дуги на основі правил.

Методика подальшого вирішення задачі наступна. Вибирається дефектна дуга *(i,j)*, потік по якій слід змінити так, щоб вона перестала бути дефектною. Для виконання умови збереження потоку визначається додатковий шлях з вузла *i* у вузол *j* (або з *j* в *i*), і потім потоки по дугах цього шляху змінюються відповідно до останньої з позначкою q_i (або q_j). Зміна потоку по дузі не допускається, якщо вона призведе до того, що (1) бездефектна дуга стане дефектною або (2) дефект дуги збільшиться.

Отже, може виникнути така ситуація, що ми досягнемо деякого вузла, з якого подальший рух неможливий. У цьому випадку не можна побудувати шлях з *j* в *i*, а отже, задача не має рішення. При цьому марно переходити до іншої дефектної дуги і починати процес заново, оскільки для знаходження оптимального рішення, вищевказана дуга повинна бути обрана. Дана ситуація називається непроривом. При виникненні непрориву існує інший спосіб пошуку оптимального потоку.

Переходимо до аналізу методики наступного блоку:

IV. Нагадаємо, що стан дуги однозначно визначається величиною $\hat{c}_{ij} = c_{ij} + \pi_i - \pi_j$ і тому він може змінитися внаслідок зміни значень π. За визначенням двоїстої задачі, яке було дано вище, кожному вузлу ставиться у відповідність деяка мінлива π. Тому для потокової задачі з *n* вузлами існує

рівно n двоїстих змінних π. При виникненні непрориву слід визначити значення яких перемінних π слід змінити, щоб побудувати шлях з вузла j у вузол i (або з i в j, якщо потік зменшується). При виникненні непрориву існують дві непересічні безлічі вузлів: позначених і непозначених вузлів. Розглянемо ті числа π, які відповідають дугам, що з'єднують позначені вузли з непозначеними. Представимо множину всіх позначених вузлів через А, а множину всіх непозначених вузлів – через Ā. Скористаємось поняттям прямих і зворотних дуг. У першому випадку потік може перетікати з А в Ā, у другому – з Ā в А.

Позначимо множину всіх дуг, які виходять їз вузлів, що належать А, і входять у вузли з Ā і для яких ĉ> 0, а потік, що не перевищує верхню межу через В. Безліч всіх дуг, що виходять з вузлів і належать Ā, та входять у вузли з А і для яких ĉ <0, а потік не менший нижньої межі позначимо через $\overline{B}$. Оскільки значення с можна обчислити для будь-якої дуги з множин В і $\overline{B}$, то процес обчислення потрібно продовжити наступним чином:

1) Випадок I: $\hat{c}>0$.

   Визначити $\xi_1=min[c_{ij}]$, якщо В=∅, та $\xi_1=\infty$ в іншому випадку.

2) Випадок II: $\hat{c}<0$.

   Визначити $\xi_2=min[-c_{ij}]$, якщо В=∅, и $\xi_2=\infty$ в іншому випадку.

3) Нехай $\xi=min[\xi_1,\xi_2]$,

4) Для кожного вузла $k\in\bar{A}$ змінити відповідне вузлове число π_k, додаючи до нього величину ξ.

5) Зберегти усі попередні позначки.

Потім, повертаючись до процедури розстановки позначок, продовжуємо виконання розрахунків.

V. Виведення отриманих результатів.

У результаті рішення задачі на ЕОМ на друк виводиться:

- рух ресурсів;

- таблиця розрахунку даних, в якій наводяться номери (за порядком) всіх робіт, потреба у ресурсах, фактичні обсяги впровадження заходів [1].

Але існують труднощі для при вирішенні задачі такої природи.

Тому насамперед, різнобій (розузгодження) в одиницях виробництва і транспорту матеріальних потоків, наприклад, організація виробництва залізобетонних виробів для задоволення потреб в регіоні, доставка початкової сировини бетону проводиться в $м^3$, транспорт в тонах, виробництво виробів в $м^2$, транспортування продукції в тонах; а споживачі (залізобетоні блоки) в $м^2$. А задача розглядується однопродуктова, звідси і розмірності її мають бути сумісні .

У кожному конкретному випадку модель має структуру хоч і не універсальну, але присутній елемент аналогії і подібності, а початкові дані мають особливості в їх підготовці, перетворенні для формування інформаційних масивів і для різних задач існують специфічні підходи.

Розробка моделі (сітьового графіка) реалізується по правилах, які використовуються при моделюванні виробничих систем (об'єктів будівництва, транспортні задачі на сітях, задачах про призначення, потокові задачі, виробничі задачі – постачання і виробництво виробів або продукції, розподіл продукції по споживачах і ін.) При цьому вид моделі має аналоги і включає елементи типізації, а інформаційна складова відрізняється між собою для конкретних задач, що є скрутним моментом для дослідження при підготовці початкових масивів і систем елементів творчості володіння і розуміння ситуації.

Наступна особливість полягає в постановці задачі. Для цього використовується типова методика з урахуванням особливостей другого етапу, які характеризуються відомими труднощами.

Структура моделі розвитку і розміщення повинна володіти гнучкістю в моделюванні процесів і відображати різноманіття зв'язків всіх учасників виробничого процесу. Чиста модель ЛП не може відобразити ув'язку

багатообразних учасників процесу. Конструювання моделі охоплює число змінних, що відображають суть ситуації і не вимагає великих витрат часу на формуванні початкових моделей.

Таким чином, модель не повинна жорстко залежати від впливу окремих фактів, вона має бути універсальною, а всі зміни слід коректувати початковими даними і міжсистемні зв'язки відбиваються (вписуються) в модель і її розмір залежить тількивід ширини обхвату залучених учасників.

Економіко – математична модель може мати вид матричного уявлення (наприклад, симплекс-метод), рішення не є непереборною перешкодою. Сітьове представлення ситуації має лінійну природу як і симплекс-метод, але останній варіант зв'язку з труднощами представлення задачі до канонічного вигляду, і як правило, різноманітність обмежень ($\leq, \geq, =$) істотно впливає на розмірність задачі і часто початкове перетворення зводиться до рішення т.з. М-задачі ЛП. Окрім названих труднощів має місце неможливості фізичного тлумачення задачі, а сітьова інтерпритація в цьому відношенні має переваги.

Розробка економіко – математичній моделі з урахуванням впливу міжсистемних зв'язків.

Моделлю є орієнтований граф G(U,A) має обмежену пропускну спроможність, тобто існують завжди задані верхні і нижні кордони матеріального потоку по всіх $(i, j) \in A$ і це обмеження не повинно порушуватися. Кордони зміни потоку можуть дорівнювати нулю або нескінченності, тобто f_{ij}-[0 - ∞], f_{ij} – матеріальний (дуговий) потік.

Для постановки задачі використовуємо наступні позначення: f_{ij} - дуговий матеріальний потік, L_{ij}-нижня пропускна спроможність дуги (i, j), F_{ij}- верхня пропускна спроможність дуги (i, j), C_{ij}- вартість одиниці потоку з і у вузол j.

Спільне завдання може бути сформульоване у вигляді спеціальної задачі програмування.

Мінімізувати цільову функцію

$$L(f) = \sum_{a} C_{ij} f_{ij} \to \min \qquad (4.1)$$

при обмеженнях на пропускну спроможність дуг

1) $f_{ij} \le F_{ij}, \qquad (i, j) \in A$ (4.2)

2) $f_{ij} \ge L_{ij}, \quad (i, j) \in A$ (4.3)

3) $\sum f_{ij} - \sum_{ji} = 0$ для всіх $i \in U$, $i \ne j$ (4.4) – умова збереження потоку

Завдання визначення оптимального потоку, відповідне циркуляції мінімальної вартості представлене у вигляді спеціальної задачі оптимального програмування (4.1-4.4).

Це є основне формулювання для опису АВД (алгоритм виключення дефекту).

Природа теорії двоїчності лінійного програмування передбачає наявність двоїстої задачі і рівність цільових функцій прямої і їй зворотної задачі.

Умова (4.1) переформулируем як $L(x) = \sum_{A} - C_{ij} f_{ij} \to \max$ (4.5)

при обмеженнях:

1) $\sum_{i} f_{ij} - \sum_{i} f_{ji} = 0$, для всіх $i \in U$ (умова збереження потоку) (4.6)

2) $L_{ij} \le f_{ij} \le F_{ij}$, обмеження на потік знизу і зверху (4.7)

3) $f_{ij} \ge 0$ (4.8)

Для використання стандартної процедури алгоритму виключення дефекту (АВД) значення (4.1) помножили на -1 і ця задача розглядуєтьсяяк пряма, згідно відомому результату в ЛП сформулюємо двоїсту задачу до (4.5-4.8).

Визначити цільову функцію задачі

$$Z(x) = \sum_{A} F_{ij}\alpha_{ij} - \sum_{A} L_{ij}\delta_{ij} \to \max \quad (4.9)$$

За умови, що

$$\pi_i - \pi_j + \alpha_{ij} - \delta_{ij} > -C_{ij}, \qquad \text{для } (i, j) \in A \quad (4.10)$$

$\pi_{i\ i}$ не має обмежень по знаку для всіх $i \in U$,

$\alpha_{ij} \geq 0 \quad (i, j) \in A$,

$\delta_{ij} \geq 0 \quad (i, j) \in A$.

Змінні π_i (їх називають ще і вузловими числами), вони представлені у верхній частці події відповідають обмеженням, що описують умову збереження потоку у прямій задачі і набувають довільних значень, оскільки ці обмеження мають вид рівності.

Змінні α_{ij}, δ_{ij} в двоїстій задачі відповідають обмеженням зверху і знизу на потоки по операціях $(i, j) \in A$, а F_{ij} .L_{ij} подвійні змінні.

Розглянемо методичний приклад. У ньому з джерела 1 в джерело 4 по сіті, приведеній на рис.4.2, потрібно доставити три одиниці продукту. Кожною $(i, j) \in A$ приписана (задана) трійка значень, (F_{ij} ,L_{ij},,C_{ij}). Величина потоку, яку слід доставити з джерела 1 в джерело 4, дорівнюватиме величині потоку по дузі (4-1) і визначити її можна, якщо покласти F_{ij} ,L_{ij}=3, а вартість одиниці потоку по (4-1) має бути нульовою C_{ij}=0.

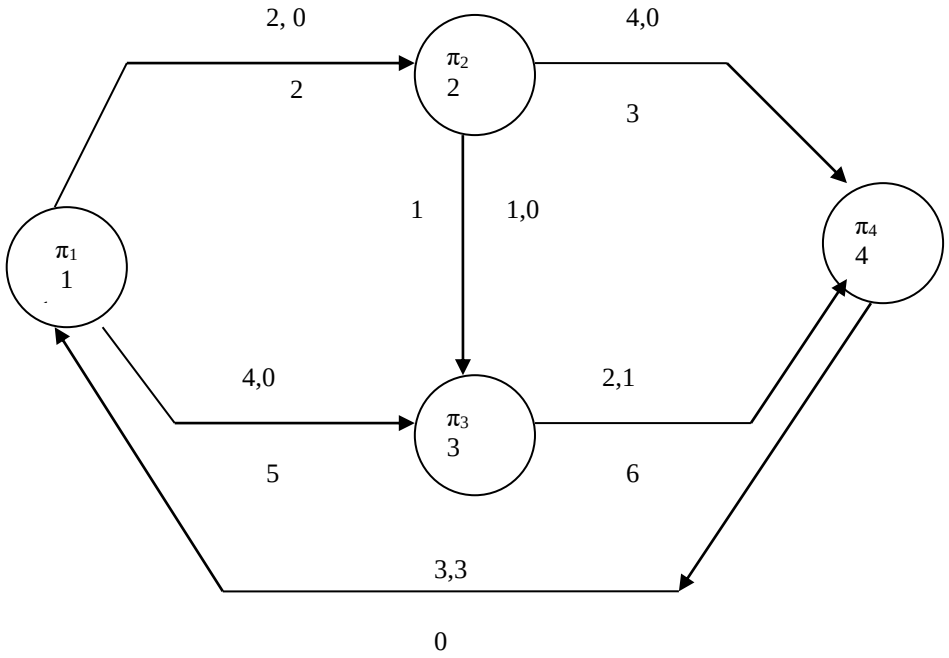


Рисунок 4.2- Замкнута модель зобмеженою пропускною здатністю

Пряма задача для наведеного прикладу формулюється таким чином:

Визначення значення цільової функції

$$L(f) = -2f_{12} - 5f_{13} - f_{23} - 3f_{24} - 6f_{34} \to \max$$

Обмеження:

$$\begin{aligned} &f_{12} + f_{13} - f_{41} = 0, \quad -f_{12} + f_{23} + f_{24} = 0, \\ &-f_{13} - f_{23} + f_{34} = 0, \quad -f_{24} - f_{34} + f_{41} = 0 \end{aligned}$$ - вузли

$f_{12} \le 2, \quad f_{13} \le 4, \quad f_{23} \le 1, \quad f_{24} \le 4, \quad f_{34} \le 2, \quad f_{41} \le 3$ - верхні кордони

$-f_{34} \le -1, \quad -f_{41} \le -3$ нижні кордони

Нас цікавить таке рішення, при якому значення змінних f_{ij}, а їх слід визначити із заданого діапазону (F_{ij} - L_{ij}),отримаємо max результат.

Розглянемо двоїсту задачу

π_1	$-\pi_2$			+	α_{12}					≥	-2
π_1		$-\pi_3$			+	α_{13}				≥	-5
	π_2	$-\pi_3$				+	α_{23}			≥	-1
	π_2		$-\pi_4$				+	α_{24}		≥	-3
		π_3	$-\pi_4$					+	α_{34}	≥	-6
π_1			$+\pi_4$					+	α_{41}	≥	-0

$$Z(x)=2\alpha_{12}+4\alpha_{13}+1\alpha_{23}+4\alpha_{24}+2\alpha_{34}+3\alpha_{41}-\delta_{34}-3\delta_{41} \to \min$$

Результат рішення 8-а ітерація (рис.3.3)

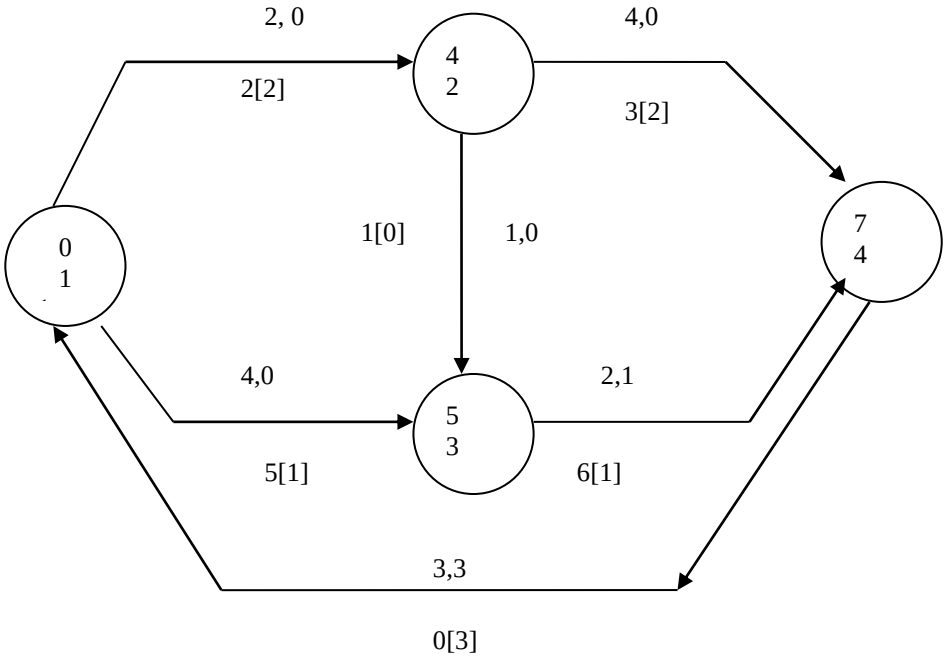


Рисунок 4.3 - Оптимальне рішення

Цільова функція прямої задачі: L(f)=2*2+1*5+2*3+1*6=21

Цільова функція двоїчної задачі Z(x)=

$\delta_{12} = \delta_{13} = \delta_{13} = \delta_{14} = 0, \quad \delta_{34} = 4, \quad \delta_{41} = -7, \quad \alpha_{12} = 2, \quad \alpha_{13} = \alpha_{23} = \alpha_{24} = \alpha_{41} = 0$

$L(f) = Z(x) = 21$, рішення вірне.

$\alpha = \max[0, \pi_j - \pi_i - C_{ij}], \quad \delta = \max[0, \pi_i - \pi_j + C_{ij}]$

Залізобетонний комбінат (ЗК) спеціалізується на випуску продукції різного призначення: товарів народного споживання і залізобетонних виробів масового застосування, у тому числі блоки для серійних будинків ДБК. Врахувати виробництво всіх виробів в одній моделі не представляється можливим, тому щопроцес пов'язаний з тим, що задача може ставитися однопродуктова, а для вирішення різнопродуктової (багатопродуктова) – задачі необхідно застосувати етапний підхід з урахуванням сумісності і крізної інформаційної підтримки різних блоків моделі.

Розглянемо конкретний виробничий приклад.

Як указувалося, структура ситуації представлена на рис. 4.4, початкові дані до нього в таблиці 4.2. Вихідні дані мають вигляд [$A_{(i.j)}$, U_{ij}, L_{ij}, C_{ij}]. Матеріальний потік, який слід визначити в табл. 4.3 рівний f_{ij} =0 в початковому варіанті.

В результаті розрахунку за програмою АВД маємо результат, представлений у в таблиці 4.3. Це [$A_{(i.j)}$, U_{ij}, L_{ij}, C_i ,$f_{ij\ j}$]. Окрім невідомих f_{ij} на друк видається масив вузлових чисел (U_{ij}) - таблиця 4.4.

Всі дані результату розрахунків (табл. 4.3, 4.4) винесені на рис. 4.5, що робить його інформативним, логічним, і ситуація ясна, дохідлива, зрозуміла, цікава. Алгоритм АВД має складну структуру, але його реалізація з урахуванням використання інформаційних технологій доступна.

Аналіз рішення.

Цільова функція задачі

$$L(x) = \sum_{A} C_{ij} f_{ij} = 2614000 - 5745000 = -3131000$$

Аналіз оптимальної стратегії дає наступний результат. Постачальник 1 (операція 101-102 – забезпечує сировиною 900 шт блоків, постачальник 2) 101-103) забезпечує сировиною 1800 шт. блоків і таким чином, виробництво складає 2700 блоків.

По постачальникові 1 – 900 блоків (вхід в подію 102) виходить в 104 – 550 шт., в 105 -100шт., у 106-0, 107 – 250 шт., всього 550+100+250=900 шт.
По постачальникові 2 – 1800 шт., з них в 104 – 0, 105 – 700 шт., 106 – 1100 шт., 107 – 0, таким чином, маємо: 0+700+1100+0=1800 шт.
Сумарне виробництво модель має: 900+1800=2700 шт.

Як цей об'єм розподіляється по ділянках (цехам, заводам) виробництва. Завод1 – 550 шт., завод2 -800 шт., завод3 – 1100 шт., завод 4 – 250 шт. Всього 2700 шт.

Розподіл продукції за пунктами попиту.

Завод 1 – 200 шт.-112, 0-113, 350 шт.-114, 0-115, всього 550 шт., то що посилає постачальник 1 (завод1).

Завод 2 – 200 шт.-112, 0-113, 0-114, 600 шт.-115, всього 800 шт., то що посилає постачальник 2 (завод 2).

Завод 3- 950шт.-112, 150 шт. -113, 0-114, 0-115, всього 1100 шт., що дає постачальник 3 (завод 3).

Завод 4 -0-112, 0-112, 0-113, 250 шт.-114, 0-115, всього 250 шт.

Задоволення (попиту) споживачів.

Перший – 1350 шт., другий – 150 шт., третій – 600 шт., четвертий – 600 шт., всього 2700 шт. Таким чином, виходячи із початкових даних, об'ємів постачань, транспорту сировини, обсягу виробництва, об'єму перевезень продукції і її споживання, отриманий варіант, відповідний об'єму 2700 виробів, що є змішаною стратегією виробництва, відповідною оптимальному варіанту.

Цільова функція прямої задачі

$$L(x) = \sum_{A} C_{ij} f_{ij} = -3131000$$

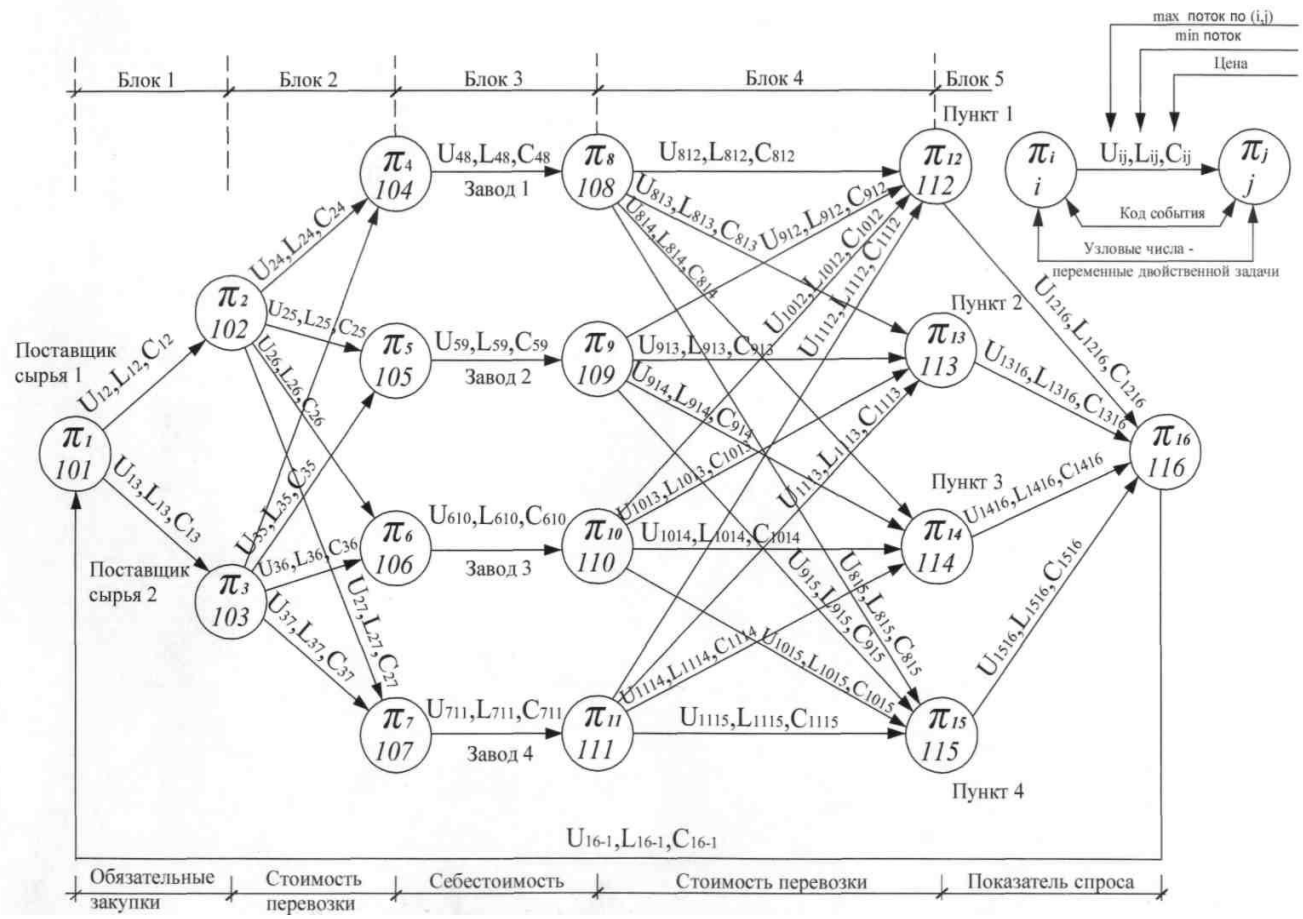


Рисунок 4.4 - Модель виробництва і розподілу

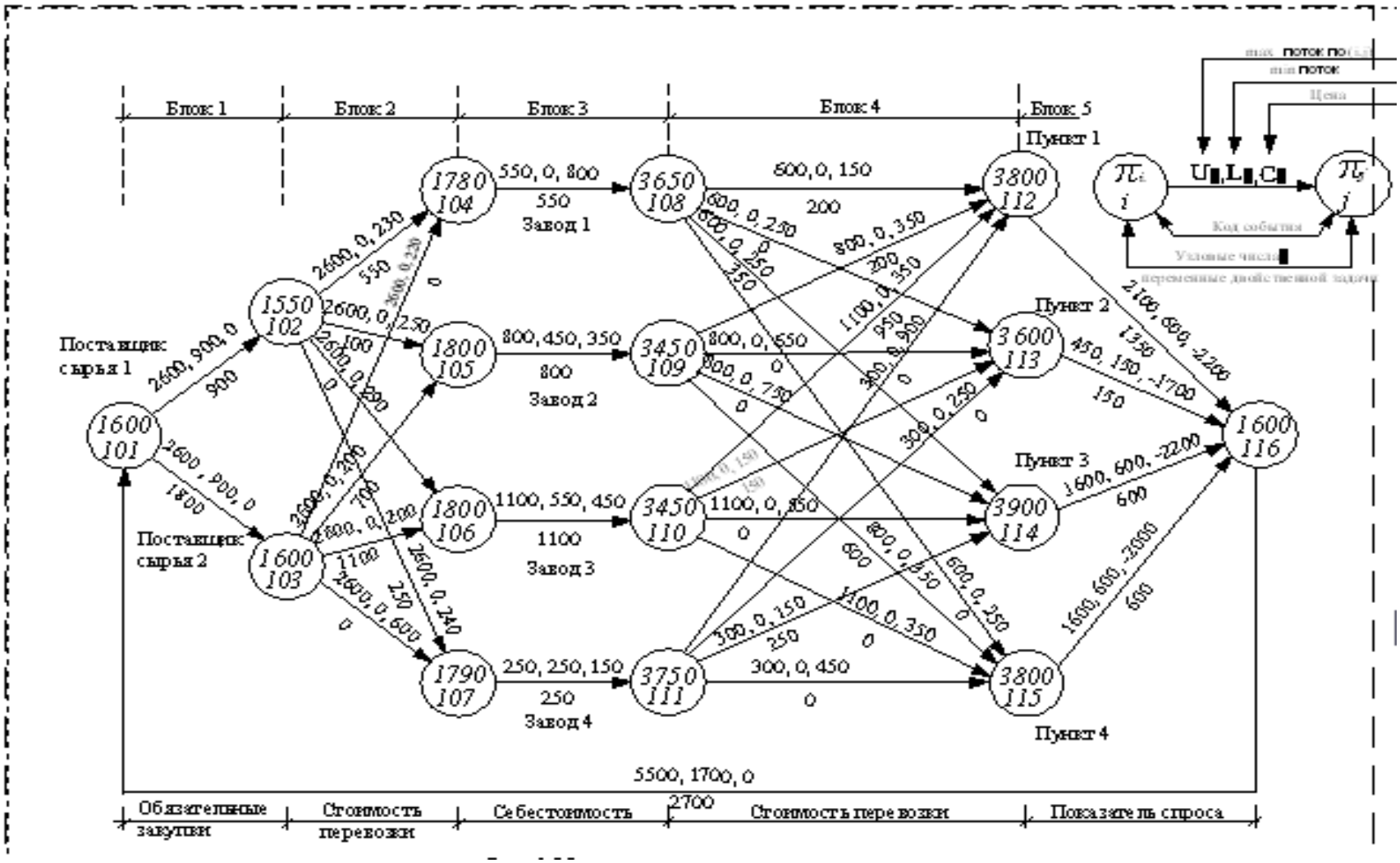


Рисунок 4.5 – Модель виробництва та розподілу

Результати розрахунків:

Таблиця 4.2 - Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
2	1	2	2600	900	0	0
3	1	3	2600	900	0	0
4	2	4	2600	0	230	0
5	2	5	2600	0	250	0
6	2	6	2600	0	290	0
7	2	7	2600	0	240	0
8	3	4	2600	0	220	0
9	3	5	2600	0	200	0
10	3	6	2600	0	200	0
11	3	7	2600	0	600	0
12	4	8	550	0	800	0
13	5	9	800	450	350	0
14	6	10	1100	550	450	0
15	7	11	250	250	150	0
16	8	12	600	0	150	0
17	8	13	600	0	250	0
18	8	14	600	0	250	0
19	8	15	600	0	250	0
20	9	12	800	0	350	0
21	9	13	800	0	650	0
22	9	14	800	0	750	0
23	9	15	800	0	350	0
24	10	12	1100	0	350	0
25	10	13	1100	0	150	0
26	10	14	1100	0	550	0
27	10	15	1100	0	350	0
28	11	12	300	0	900	0
29	11	13	300	0	250	0
30	11	14	300	0	150	0
31	11	15	300	0	450	0
32	12	16	2100	600	-2200	0
33	13	16	450	150	-1700	0
34	14	16	1600	600	-2200	0
35	15	16	1600	600	-2000	0
36	16	1	5500	1700	0	0

Таблиця 4.3 - Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	2600	900	0	900
2	1	3	2600	900	0	1800
3	2	4	2600	0	230	550
4	2	5	2600	0	250	100
5	2	6	2600	0	290	0
6	2	7	2600	0	240	250
7	3	4	2600	0	220	0
8	3	5	2600	0	200	700
9	3	6	2600	0	200	1100
10	3	7	2600	0	600	0
11	4	8	550	0	800	550
12	5	9	800	450	350	800
13	6	10	1100	550	450	1100
14	7	11	250	250	150	250

15	8	12	600	0	150	200
16	8	13	600	0	250	0
17	8	14	600	0	250	350
18	8	15	600	0	250	0
19	9	12	800	0	350	200
20	9	13	800	0	650	0
21	9	14	800	0	750	0
22	9	15	800	0	350	600
23	10	12	1100	0	350	950
24	10	13	1100	0	150	150
25	10	14	1100	0	550	0
26	10	15	1100	0	350	0
27	11	12	300	0	900	0
28	11	13	300	0	250	0
29	11	14	300	0	150	250
30	11	15	300	0	450	0
31	12	16	2100	600	-2200	1350
32	13	16	450	150	-1700	150
33	14	16	1600	600	-2200	600
34	15	16	1600	600	-2000	600
35	16	1	5500	1700	0	2700

Таблиця 4.4 - Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	1600
2	1550
3	1600
4	1780
5	1800
6	1800
7	1790
8	3650
9	3450
10	3450
11	3750
12	3800
13	3600
14	3900
15	3800
16	1600

Цільова функція: -3131000

Для обліку реальних умов виробництва при складанні структури сітьової моделі за визначенням оптимальної схеми розміщення і розвитку виробничої бази, був розроблений варіант початкової моделі по постачанню металевих конструкцій на об'єкти в м. Запоріжжя.

Для досліджень були прийняті заводи постачальники: ВАТ «Запоріжсталь», ВАТ «Металобаза». Для цих заводів є реальні постачальники

сировинних матеріалів, використовуваних для приготування металоконструкцій. Різні джерела і схеми постачання матеріалів впливають на собівартість виробництва металевих конструкцій.

Три заводи виробника металевих конструкцій (ЗЗМК (Запорізький завод будівельних конструкцій), ВАТ «Стальконструкція – 103», ВАТ «Стальконструкція – 124») можуть отримувати сировину (металопрокат) від двох заводів - постачальників сировини (ВАТ «Запоріжсталь», ВАТ «Металобаза»). Вартість 1 тони прокату у заводу ВАТ «Запоріжсталь» складає 6-7 тис. грн., у ВАТ «Металлобази» 7-8 тис. грн.

Виробнича потужність і витрати на переробку 1 тони сировини для кожного із заводів вказані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Виробнича потужність заводів-виробників

Завод-виробник	Вартість переробки тони сировини	Максимальна потужність, тона	Мінімальна потужність, тона
«ЗЗМК»	4800	1000	200
Стальконструкція-103	6500	450	100
Стальконструкція-124	7500	400	100

Ці заводи повинні забезпечувати конструкціями чотири заводи – споживачі. Витрати на транспортування виробів (металоконструкцій) від виробника до споживача вказані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Витрати на транспортування виробів

Завод - виробник	Заводи - споживачі			
	Коксохімзавод	Фірма «Форд»	Феросплавний	Запоріжкран
«ЗЗМК»	750	1000	750	1250
Стальконструкція-103	750	1000	750	1250
Стальконструкція-124	750	750	750	1000

У зв'язку з тим, що перевезення металевих конструкцій виконуються на ближні дистанції в рамках м. Запоріжжя, в розрахунку сітьової моделі (рис. 4.6)

ми приймаємо почасову оплату транспортних засобів з урахуванням всіх втрат. А для перевезень металевих конструкцій на великі відстані, за межі міста, рентабильніше є оплата транспортних засобів по кіллометражу.

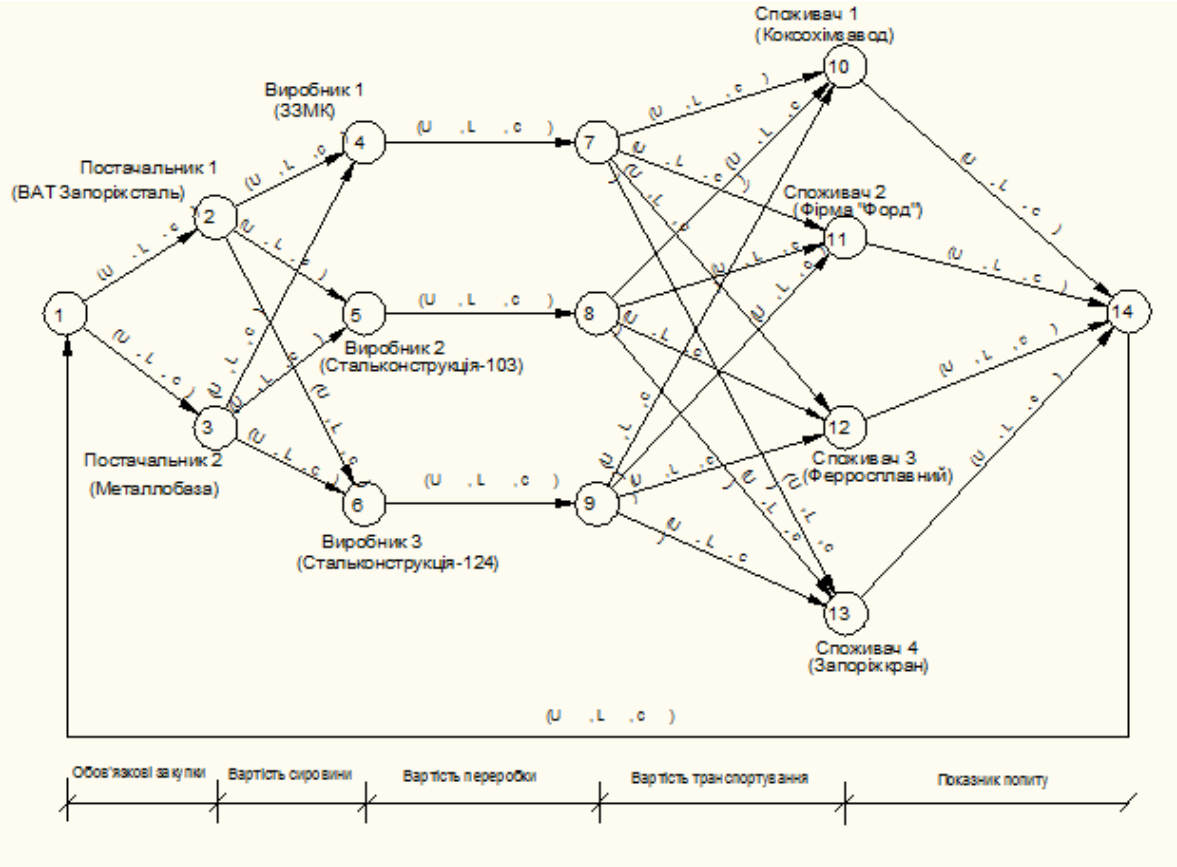


Рисунок 4.6 – Початкова сітьова модель

У таблиці 4.7 приводяться максимальний і мінімальний попит, а також ціна однієї тони конструкцій для вказаних заводів споживачів

Таблиця 4.7 – Попит споживачів в конструкціях

Споживач	Продажна ціна, тона	Максимальний попит, тона	Мінімальний попит, тона
Коксохімзавод	11800	1500	0
Фірма «Форд»	13500	1000	0
Феросплавний	13500	1200	0
Запоріжкран	14500	1200	0

За допомогою алгоритму дефекту ми визначимо:

1) де слід купувати сировину кожному заводу виробникові;

2) скільки тон конструкцій потрібно виготовляти кожному заводу-виробникові;

3) скільки тон конструкцій необхідно продавати кожній будівельній організації (споживачеві);

4) куди слід кожному заводу-виробникові відправляти свою продукцію.

Позначки, приписані дугам сіті, виписані в таблиці 4.8. Відзначимо, що всі вартості задаються в тис. грн. на тону, а верхні і нижні межі в тонах. Оптимальне (що має мінімальну вартість) рішення даної задачі, отриманої за допомогою алгоритму дефекту, надається в таблиці. 4.10.

Оптимальна схема постачання металоконструкцій визначена по критерію оптимальності, що враховує мінімальні сумарні витрати на виробництво металоконструкцій і їх доставку на об'єкти зображено на рисунку 4.7.

За початкові значення всіх потоків і подвійних змінних візьмемо $f_{ij}=0$, $П_k=0$. Зворотна дуга знаходиться в стані β1, так як $a_{ij} = 0$ і потік по ній менше нижньої межі і, таким чином, на початку роботи АВД зворотна дуга завжди є дефектною.

Таблиця 4.8 – Характеристики дуг сіті

Дуга	З вузла	В вузол	Верхня межа	Нижня межа	Вартість
1	1	2	900	0	200
2	1	3	4000	0	200
3	2	4	900	0	6000
4	2	5	900	0	6000
5	2	6	900	0	6000
6	3	4	4000	0	7000
7	3	5	4000	0	7000
8	3	6	4000	0	7000
9	4	7	1000	200	4800
10	5	8	450	100	6500
11	6	9	400	100	7500
12	7	10	1000	0	750
13	7	11	1000	0	1000
14	7	12	1000	0	750
15	7	13	1000	0	1250
16	8	10	450	0	750
17	8	11	450	0	1000
18	8	12	450	0	750
19	8	13	450	0	1250

20	9	10	400	0	750
21	9	11	400	0	750
22	9	12	400	0	750
23	9	13	400	0	1000
24	10	14	1500	0	11800
25	11	14	1000	0	13500
26	12	14	1200	0	13500
27	13	14	1200	0	14500
28	14	1	4900	0	0

Результати розрахунків:

Таблиця 4.9 – Вихідні дані

№ роботи	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1.	1	2	900	0	200	0
2.	1	3	4000	0	200	0
3.	2	4	900	0	6000	0
4.	2	5	900	0	6000	0
5.	2	6	900	0	6000	0
6.	3	4	4000	0	7000	0
7.	3	5	4000	0	7000	0
8.	3	6	4000	0	7000	0
9.	4	7	1000	200	4800	0
10.	5	8	450	100	6500	0
11.	6	9	400	100	7500	0
12.	7	10	1000	0	750	0
13.	7	11	1000	0	1000	0
14.	7	12	1000	0	750	0
15.	7	13	1000	0	1250	0
16.	8	10	450	0	750	0
17.	8	11	450	0	1000	0
18.	8	12	450	0	750	0
19.	80	13	450	0	1250	0
20.	9	10	400	0	750	0
21.	9	11	400	0	750	0
22.	9	12	400	0	750	0
23.	9	13	400	0	1000	0
24.	10	14	1500	0	11800	0
25.	11	14	1000	0	13500	0
26.	12	14	1200	0	13500	0
27.	13	14	1200	0	14500	0
28.	14	1	4900	0	0	0

Таблиця 4.10 – Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузол	Кінц. вузол	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	900	0	200	400
2	1	3	4000	0	200	0
3	2	4	900	0	6000	200
4	2	5	900	0	6000	100
5	2	6	900	0	6000	100
6	3	4	4000	0	7000	0
7	3	5	4000	0	7000	0
8	3	6	4000	0	7000	0
9	4	7	1000	200	4800	200

10	5	8	450	100	6500	100
11	6	9	400	100	7500	100
12	7	10	1000	0	750	200
13	7	11	1000	0	1000	0
14	7	12	1000	0	750	0
15	7	13	1000	0	1250	0
16	8	10	450	0	750	100
17	8	11	450	0	1000	0
18	8	12	450	0	750	0
19	8	13	450	0	1250	0
20	9	10	400	0	750	100
21	9	11	400	0	750	0
22	9	12	400	0	750	0
23	9	13	400	0	1000	0
24	10	14	1500	0	11800	400
25	11	14	1000	0	13500	0
26	12	14	1200	0	13500	0
27	13	14	1200	0	14500	0
28	14	1	4900	0	0	400

Таблиця 4.11 – Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	50050
2	50250
3	50250
4	56250
5	56250
6	56250
7	37500
8	37500
9	37500
10	38250
11	38250
12	38250
13	38500
14	50050

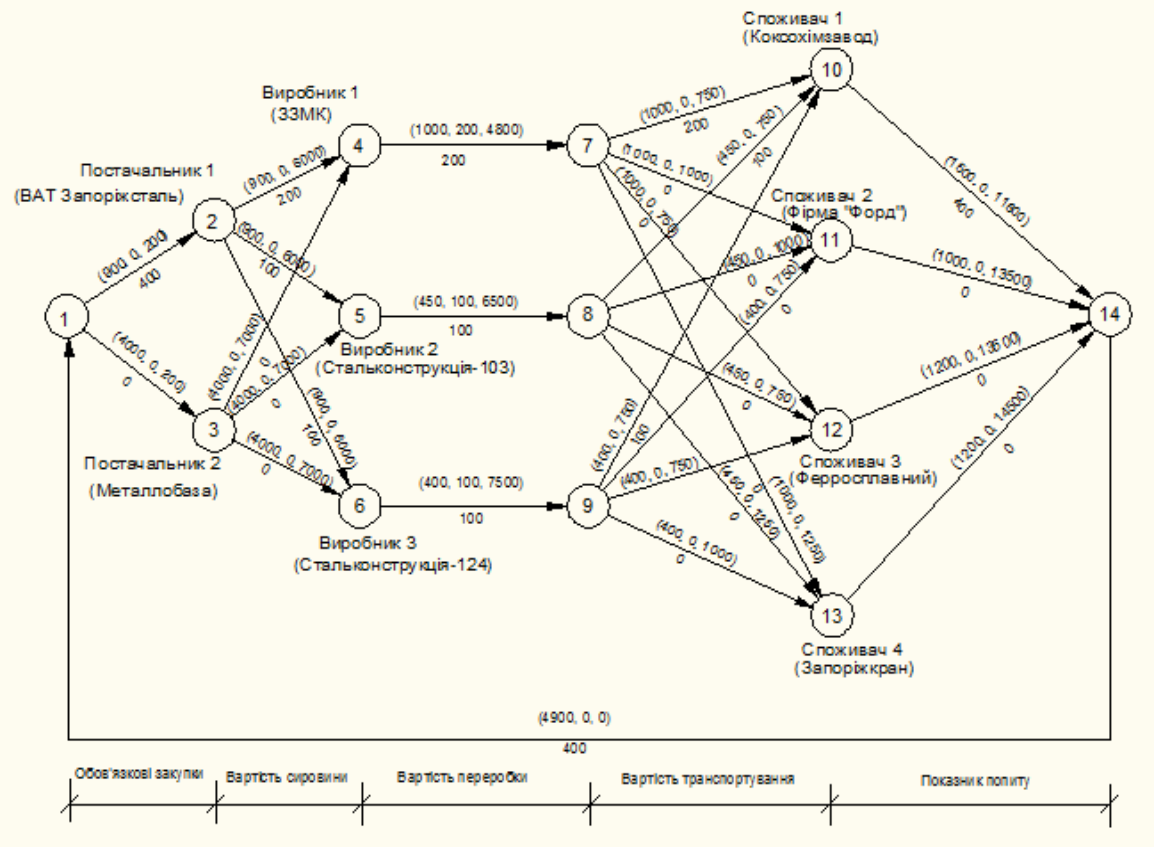


Рисунок 4.7 – Оптимальное решение задачи

Цільова функція прямої задачі: $L(x) = \sum C_{ij} \cdot f_{ij} = 9860000$

Цільова функція двоїстої задачі $Z(f) = \sum F_{ij} \cdot \alpha_{ij} - \sum L_{ij} \cdot \delta_{ij} = -9860000$

Пряма і двоїста функції співпадають.

У алгоритмі використовуються умови доповнюючої нежорсткості подвійної задачі лінійного програмування і, зокрема, подвійні змінні **δ_{ij}** і **α_{ij}** вибираються так, що

$\alpha_{ij} = \max [0, \Pi_j - \Pi_i - C_{ij}]$,

$\delta_{ij} = \max [0, \Pi_j - \Pi_i + C_{ij}]$.

Використовуючи знайдене рішення можна побудувати сегмент сіті, що містить відповідні вузли, на основі значень Π_i, Π_j, C_{ij}, F_{ij}, L_{ij}, f_{ij}, а також α_{ij} – відповідною обмеженням на потік зверху в прямої задачі, а подвійні змінні - δ_{ij}, відповідною обмеженням на потік знизу.

Таким чином, АВД успішно реалізовується для умов транспортної задачі, що підтверджується прикладами даного розділу.

Багатогранність методу АВД, ясна математична, логічна інформаційна і фізична ув'язка параметрів дозволяє йому зайняти гідне місце у вирішенні цілого набору задач у виробленні рішень будівельного процесу.

ВИСНОВКИ

1. У сучасних умовах інтеграції потребує прийомів і методів обліку в розвитку виробничих систем таких підходів, які б задовольняли обліку взаємозв'язків функціональних підсистем, де на стиках та нічийних зонах знаходяться проблеми будівельної логістики. Проблеми вимагають обліку нетрадиційних підходів до моделювання процесів і зв'язків управління для знаходження єдиного знаменника, де враховується сумісність, крізна інформаційна підтримка, єдина моделююча основа.

2. Запропонований підхід до моделювання розвитку будівельної логістики має доступну форму, інтегруючі рішення в комплексну модель, де є видимою єдина логіка, єдиний почерк і єдиний погляд, а головне структурна і функціональна цілісність, де складові частини з’єднані, узгоджені і складають єдину моделюючу систему. Ув'язка різнохарактерних задач інтеграції здійснена шляхом узгодження міжсистемних зв'язків п'яти блоків: сировина – транспорт – виробництво продукції – транспорт – споживач. Такий підхід запропоновано вперше, що дає можливість використати його в умовах інтеграції будівельної логістики та підвищити ефективність в роботі різних систем, регіонів в умовах інформаціоналізації.

3. В результаті запропонованої моделі, отримано ефективний результат, виходячи з обліку інтересів усіх учасників складного виробничого процесу будівельної логістики. Вектор мети має чітку структуру, функціональну цілісність і стійкість єдності із зовнішнім середовищем.

4. Облік узгоджених рішень дозволяє появі ефекту нової властивості, чого раніше не було, дає безперечну перевагу перед конкурентами. Виживають, хто міцно сполучений єдиною метою і діє заради загального блага.

5. Якщо скласти і погоджувати складові виробничого процесу в єдину гармонійну структуру, то різко зросте імунітет системи по відношенню до дестабілізуючих чинників і вірогідність негативного наслідку різко знижується.

6. Таким чином, запропонована модель інтеграцій різних учасників складного виробничого процесу будівельної логістики на основі системотехніки та логістики враховує міжсистемні зв’язки, сприяючі досягненню заданого результату.

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. Управління формуванням логістичних систем функціонування будівельного виробництва: монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2011. 308 с.
3. Билецкий О.Б., Михайлов В.С. Организационно-технологические основы АСУ в строительстве: учебник. Киев: Будівельник 1983. 120с.
4. Бєлугін В.С. Управління будівельними організаціями в умовах ринкової економіки. Будівництво України . 2005.№5. С. 13–15.
5. Волков В.П., Пшінько О.М., Павлов І.Д., Арутюнян І.А. Управління логістичними системами: навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2012. 259 с.
6. Воркут Т.А. Наукові основи управління логістичними системами в проектах розвитку ланцюгів постачань: дис. д-ра наук: 05.13.22. 2007. 473с.
7. Дикман Л.Г. Организация строительного производства: учеб. для строит. вузов. Москва.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 608 с.
8. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія: Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 49 с.
9. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01] Вид. офіц.. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016.20 с.
10. 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.

11. Дадиверина Л.Н., Шостак Р.С. Основы логистики в организации производства: учебное пособие. Днепропетровск: Пороги, 2012. 166с.
12. Денисенко М.П., Левковець П.Р., Михайлова Л.І. Організація та проектування логістичних систем: підручник. Київ: Цент учбової літератури, 2010. 336 с.
13. Логістика: навч. посіб. О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко. Київ: Знання, 2008. 566 с.
14. Ландик В.И. Инновационная стратегия предприятия: проблемы и опыт их решения. Киев: Наук. думка, 2003. 363 с.
15. Марчук Т.С. Системний підхід до визначення конкурентноздатності будівельної організації. Формування ринкових відносин в Україні: Наук. зб. Вип. 4. Київ : НДЕІ, 2009. С.130-133.
16. Наукові основи розвитку будівельної галузі України: монографія / В. А. Банах, І. Д. Павлов, А. В. Радкевич та ін.; ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. - 460 с.
17.. Новак А. Як підняти українську економіку: монографія. Київ : Торонто, 2007. 344 с.
18. Онищук Г.І. Економічна ефективність науково-технічної діяльності та джерела фінансування науки в будівельній галузі. Зб. мат. всеукраїнської науково-практичної конференції «Будівельна наука в системі забезпечення ефективної роботи будівельної галузі України». Київ : АБУ, 2010. С. 40-49.
19. Павлов И. Д. Модели управления проектами: учеб. пособие. Запорожье.: ЗГИА, 1999. 316 с.
20. Павлов І.Д., Арутюнян І.А., Терех М.Д., Павлов Ф.І. Виробнича база будівництва: навчально-методичний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2009. 240с.
21..Павлов И.Д. Модели управления проектами: учеб. пособие. Запорожье.: ЗГИА, 1999. 316с.

22. Павлов И.Д. Оптімальні моделі організації будівельного виробництва: посібник. Київ:ІСДО, 1993. 220с.
23. Павлов И.Д., Мамотенко Д.Ю. Управление проектами на основе сетевых моделей с ограниченной пропускной способностью. Економіка: проблеми теорії та практики. Вып. 77 Днепропетровск: Вид-во ДНУ, 2001. С.19–27.
24. 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.
25. Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: монографія. Дніпропетровськ, 2003. 225с.
26. Рогожин П.С., Гойко А.Ф. Економіка будівельних організацій: посібник. Київ: Видавничий дім „Скарби", 2001. 448с.
27. Смиричинський А. Смиричинський В., Мартинюк В. Логістичний менеджмент у будівництві: монографія. Тернопіль «ЗБРУЧ», 2006. 262с.
28. Скоробогатова Т.Н. Логистика: учебное пособие: 2-е изд. Симферополь: ООО «ДиАйПи», 2005. 116 с
29. Торкатюк В.И. Организационно-технологические решения в многоэтажном каркасном строительстве: учебник. Харьков: Высш. школа. 1986. 160с.
30. Тян Р.Б., Ткаченко В.А. Планирование и контроль деятельности предприятий: учебник. Днепропетровск: Наука и образование, 2003. 300с.
31. Тян Р.Б., Холод Б.І., Ткаченко В.А.Управління проектами: навч. посібник. Дніпропетровськ: Дніпропетровська академія управління бізнесу та права, 2000. 224с.
32. Тян Р.Б., Чернышук Н.М. Организация производства: уч. пособие. / Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. 264с.
33. Ушацкий С.А. Информационные основы управления строительным производством: учебник Київ: Будівельник, 1977. 169с.

34. Шрейбер А.К., Абрамов Л.И., Гусаков А.А. и др. Организация и планирование строительного производств: учеб. для вузов по спец. Москва: Высш. шк., 1987. 368с.
35. Федоренко В.Г. Інвестиції в Україні. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: наук. зб. – Вип.8. Київ : КНУБА, 2000. С. 237-244.