

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія



Кафедра
Промислового та цивільного будівництва
Міського будівництва та господарства

МОНОГРАФІЯ

НАУКОВІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ



м. Запоріжжя

2017

УДК 69.06:658

ББК

А

Наукові основи розвитку будівельної галузі України: монографія; під. ред. І.А. Арутюнян. Запоріжжя. Видавництво ЗДІА. 2017. – 460 с.

Колектив авторів: **В.А. Банах**, докт. техн. наук, професор (розд. 1); **І.Д. Павлов**, докт. техн. наук, професор (розд. 3, 4, 5, 6); **А.В. Радкевич**, докт. техн. наук, професор (розд. 2); **І.А. Арутюнян**, докт. техн. наук, доцент (розд. 2, 3, 4); **П.П. Бичевий**, канд. техн. наук, доцент (розд. 10); **І.В. Мальований**, канд. техн. наук, доцент (розд. 7); **М.О. Полтавець**, канд. техн. наук, доцент (розд. 3, 5); **А.В. Банах**, канд. техн. наук, доцент (розд. 1); **Ф.І. Павлов**, канд. техн. наук, доцент (розд. 5); **Р.В. Самченко**, канд. техн. наук (розд. 8); **А.І. Юхименко**, канд. техн. наук (розд. 9); **О.М. Фостащенко**, канд. техн. наук, доцент (розд. 11); **Н.О. Данкевич** (розд. 6); **С.В. Болюк** (розд. 10); **К.М. Мішук** (розд. 10); **В.В. Афанасьєв** (розд. 7).

Рекомендовано до друку:

Вченою Радою Запорізької державної інженерної академії
(протокол № від)

Науковий редактор: д.т.н. Арутюнян І.А.

Технічний редактор: к.т.н. Полтавець М.О.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Пшінько О.М. – доктор технічних наук, професор, ректор Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна.

Менейлюк О.І. - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Поколенко В.О. - доктор технічних наук, професор, професор кафедри Менеджменту в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури.

ISBN

В монографії розглянуті дослідження в сферах технології, організації та ефективного продукування якісно нового будівельного продукту, виявлена потреба в розгляді будівельного сектора (продукти, послуги та організації учасники), як складну організаційно-технологічно-конструктивно-економічну систему. Доведена раціональність виокремлення вище зазначеної спеціалізованої системи, в такий спосіб, щоб взаємоув'язати сутність виробничого кластеру, його аналітичні можливості та інформаційні моделі в умовах нестійкого ринку.

Монографія призначена для наукових та інженерно-технічних працівників і фахівців. Може бути корисною для студентів будівельних спеціальностей.

УДК 69.06:658

ББК

ISBN

Колектив авторів, 2017

Зміст

	стор.
Вступ	8
1 Прогнозне моделювання життєвого циклу будівель і споруд при взаємодії природної та антропогенної містобудівних систем (В.А. Банах, А.В. Банах)	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Вплив умов експлуатації об'єктів міської забудови на моделювання їх взаємодії з природно-антропогенним середовищем	16
1.3 Оцінка технічного стану будівель і споруд на основі розрахунків моделей взаємодії з використанням натурних даних	22
1.4 Прогнозування змін напружено-деформованого стану конструкцій будівель і споруд, що проектуються та експлуатуються	31
1.5 Ретроградне моделювання аварійних і деформованих об'єктів міської забудови	35
1.6 Принципи моделювання життєвого циклу будівель і споруд, що експлуатуються у природно-антропогенному середовищі	42
1.7 Методика формування розрахункових моделей будівель і споруд в умовах взаємодії природної та антропогенної містобудівних систем	45
Висновки за розділом 1	57
Перелік використаної літератури у розділі 1	59
2 Методологічна та аналітична платформа будівельної логістики (А.В. Радкевич, І.А. Арутюнян)	61
2.1 Принципи системності формування виробничого кластеру будівельної логістики	61
2.2 Аналітичний модуль вирішення практичних задач виробничого кластеру на основі будівельної логістики ..	66
2.3 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «постачальник-витрати»	71
2.4 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «можливості-обмеження-комунікації»	108
Висновки за розділом 2	122
Перелік використаної літератури у розділі 2	124
3 Системологія перспективного розвитку виробничих систем в будівництві (І.Д. Павлов; І.А. Арутюнян, М.О. Полтавець) ...	131
3.1 Обґрунтування можливостей системології управління на сучасному етапі розвитку суспільства	131
3.2 Дослідження категорій управління виробничими	

	системами у процесі перспективного розвитку	134
3.3	Моделювання виробничих процесів за інтеграційними критеріями	147
	Висновки за розділом 3	152
	Перелік використаної літератури у розділі 3	153
4	Методичні особливості вирішення планових задач розгалужених виробничих систем на засадах будівельної логістики (І.Д. Павлов, І.А. Арутюнян)	154
4.1	Проблематика елементів формування розгалужених систем виробничого кластеру будівництва	154
4.2	Економіко-математичний критеріальний інструментарій будівельної логістики щодо специфічних виробничих систем в контекст міжсистемних зв'язків	162
	Висновки за розділом 4	185
	Перелік використаної літератури у розділі 4	187
5	Організаційно-методологічне забезпечення технологічності функціональних систем в сучасному будівництві (І.Д. Павлов; Ф.І. Павлов, М.О. Полтавець)	194
5.1	Особливості технологічної оптимізації функціональних систем в будівництві	194
5.2	Системотехнічний підхід до реалізації технологічних властивостей деяких виробничих процесів у будівництві	204
5.3	Селектована технологічних можливостей та системотехнічних якостей проектних рішень функціональних систем в будівництві	217
	Висновки за розділом 5	226
	Перелік використаної літератури у розділі 5	227
6	Методи і моделі оцінки вартості і тривалості будівництва в умовах конкуренції (І.Д. Павлов, Н.О. Данкевич)	229
6.1	Обґрунтування і вибір критерію ефективності	229
6.2	Визначення ресурсно-тимчасових меж здійснення проекту з урахуванням обмеженості ресурсів	233
6.3	Обґрунтування границі допустимого ризику у виборі величини кошторисної вартості і тривалості при укладенні контракту	237
6.4	Визначення щільності розподілу двовимірної випадкової величини вартості і тривалості будівництва методом статистичного моделювання.	242
	Висновки за розділом 6	255
	Перелік використаної літератури у розділі 6	257
7	Методичні основи визначення коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційних матеріалів (І.В. Мальований, В.В. Афанасьєв)	258
7.1	Аналіз існуючих методів вимірювання коефіцієнту теплопровідності будівельних теплоізоляційних матеріалів	258

7.2	Методика визначення коефіцієнту теплопровідності за допомогою розробленого обладнання та його конструктивні частини	267
7.3	Результати апробації нової методики визначення коефіцієнту теплопровідності в лабораторних умовах	274
7.4	Визначення коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційного матеріалу на основі морської трави зостери	278
7.5	Визначення ефективності удосконаленої системи стикування та кріплення теплоізоляційних плит	283
	Висновки за розділом 7	288
	Перелік використаної літератури у розділі 7	289
8	Керування жорсткістю основи при вирівнюванні будівель та споруд (Р.В. Самченко)	292
8.1	Методика дослідження, устаткування і прилади	292
8.2	Вплив параметрів буріння на осідання фундаментів	298
8.2.1	Залежність осідань будівлі від діаметру свердловин ...	299
8.2.2	Залежність осідань фундаментів від кроку свердловин	301
8.2.3	Осідання будівлі при бурінні декількох рядів свердловин	303
8.3	Вплив вологості ґрунтів на осідання будівлі	304
8.4	Вплив температури води при зволоженні стінок свердловин на осідання фундаментів	309
8.5	Зміна осідань будівлі при зміні тиску на перфорований шар основи	311
8.6	Рекомендації з раціонального вибору елементів технологічного процесу при вирівнюванні будівель та споруд	313
8.6.1	Вибір діаметра свердловин	313
8.6.2	Вибір кроку свердловин	315
8.6.3	Фактор вологості ґрунтів у процесі ліквідації кренів будівель та споруд	315
8.6.4	Урахування тиску на перфорований шар основи в процесі вирівнювання будівель та споруд	320
8.6.5	Буріння свердловин в декілька рядів.....	322
	Висновки за розділом 8.....	323
	Перелік використаної літератури у розділі 8.....	325
9	Технологічні засади горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд (А.І. Юхименко).....	327
9.1	Розробка нового та удосконалення існуючого технологічного обладнання для горизонтального армування ґрунтів.....	327
9.1.1	Розробка нової конструкції буро змішувача.....	327
9.1.2	Удосконалення станка горизонтального буріння.....	332
9.1.3	Розробка вертикального бурового станка.....	342

9.2	Експериментальні дослідження процесу формування ґрунтоцементних армоелементів.....	344
9.2.1	Технологія формування експериментальних горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів.....	345
9.2.2	Дослідження впливу технологічних факторів на процес формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та параметрів міцності.....	348
9.2.3	Контроль якості утворених експериментальних армоелементів.....	358
9.3	Технологія відновлення деформованих будівель та об'єктів реконструкції в стиснених умовах.....	358
	Висновки за розділом 9.....	364
	Перелік використаної літератури у розділі 9.....	365
10	Наукові підходи до оцінки властивостей будівельних матеріалів сучасності (П.П. Бичевий, С.В. Болюк, К.М. Мішук).. 10.1 Загальні підходи до оцінки властивостей будівельних матеріалів.....	368 370
10.1.1	Фактори оцінки властивостей та перспектив пізнання будівельних матеріалів.....	370
10.1.2	Визначення структури матеріалу як показника можливих властивостей.....	372
10.1.3	Оцінка гідрофізичних властивостей.....	374
10.1.4	Оцінка теплофізичних властивостей.....	376
10.1.5	Оцінка механічних властивостей.....	376
10.1.6	Оцінка хімічних властивостей.....	377
10.1.7	Оцінка технологічних властивостей.....	378
10.2	Матеріали та вироби з мінеральних розплавів.....	378
10.3	Неорганічні в'язучі речовини.....	381
10.3.1	Загальні характеристики.....	381
10.3.2	Повітряне будівельне вапно.....	383
10.3.3	Гіпсові в'язучі речовини.....	384
10.3.3.1	Загальна характеристика	384
10.3.3.2	Властивості сучасних виробів з гіпсових в'язучих	386
10.3.4	Рідинне скло.....	388
10.3.5	Цементи як велика група гідравлічних в'язучих речовин	389
10.3.5.1	Портландцемент	389
10.3.5.2	Вплив зовнішнього середовища на цементний камінь	390
10.3.5.3	Види та властивості спеціальних портландцементів за рахунок зміни речовинного складу	391
10.3.5.4	Спеціальні портландцементи за рахунок зміни двох параметрів – мінерального складу і зернового	393
10.3.6	Лужні цементы	394
10.4	Бетони	395
10.4.1	Загальні характеристики бетонів	395

10.4.2	Склад сучасних бетонів	398
10.4.3	Легкі бетони	400
10.4.4	Високоміцні бетони	401
10.4.5	Самоущільнюючі бетони	402
10.5	Будівельні та спеціальні будівельні розчини	403
10.5.1	Особливість будівельних розчинів	403
10.5.2	Спеціальні розчини	404
10.6	Сухі будівельні суміші	404
10.7	Теплоізоляційні матеріали	406
10.8	Органічні в'язучі речовини (ОВР)	408
10.8.1	Загальна характеристика	408
10.8.2	Призначення ОВР	409
10.8.3	Рулонні покрівельні та гідроізоляційні матеріали	410
10.9	Полімерні матеріали і вироби	412
10.10	Лакофарбові матеріали	418
	Висновки за розділом 10.....	420
	Перелік використаної літератури у розділі 10	422
11	Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонних плит перекриттів з урахуванням їх просторової роботи (О.М. Фостащенко)	422
11.1	Методи розрахунку та моделювання напружено-деформованого стану конструкцій та їх систем	422
11.2	Визначення напружено-деформованого стану елементів перекриття	429
11.3	Розрахункові моделі для аналізу напружено-деформованого стану перекриттів	433
11.4	Вплив деформацій будівлі на напружено-деформований стан перекриттів при моделюванні	437
11.5	Урахування нелінійності при моделюванні плит перекриттів	443
11.6	Рекомендації щодо складання розрахункових моделей залізобетонних плит перекриттів для реалізації методом скінчених елементів	448
	Висновки за розділом 11	450
	Перелік використаної літератури у розділі 11	452

ВСТУП

Сучасна галузь будівництва є фундатором розвитку економічного комплексу держави де основним завданням є пошук оптимального варіанту взаємоузгодженості технології виконання будівельних робіт та організації безпосередньо будівельного процесу, що невід'ємно пов'язано з організацією всіх учасників будівельного ринку.

Від будівельної галузі залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання в країні. Важливість цієї галузі для економіки будь-якої країни можна пояснити наступним чином: капітальне будівництво, напевне, як ніяка інша галузь економіки, створює велику кількість робочих місць і споживає продукцію багатьох галузей народного господарства. Економічний ефект від розвитку цієї галузі полягає у мультиплікаційному ефекті коштів, вкладених у будівництво.

Адже з розвитком будівельної галузі будуть розвиватися: будівельна логістика, виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробна і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо. І, вочевидь, як ніяка інша галузь економіки, будівництво сприяє розвитку підприємств малого бізнесу, особливо того, який спеціалізується на оздоблювальних і ремонтних роботах, на виробництві та встановленні вбудованих меблів і т. ін. Отже, ріст будівельної галузі неминуче викликає економічний ріст у країні і виникнення необхідних умов для розв'язання багатьох соціальних проблем. Але на сучасному етапі її розвитку говорити про будь-яку конкурентоспроможність цієї галузі не представляється можливим. Якщо на регіональному рівні чітко просліджується тенденція верховенства будівельних організацій центральних районів та великих міст-мільйонерів у зв'язку з їх значними потужностями і інвестиційною привабливістю, то на глобальному рівні будівельна галузь

України програє через брак необхідних фінансових та організаційних перетворень.

Розгляд науково-прикладної необхідності проведення досліджень в сферах організації та ефективного продукування якісно нового будівельного продукту, є потреба розглядати будівельний сектор (продукти, послуги та організації учасники), як складну організаційно-технологічно-конструктивно-економічну систему. Довести раціональність виокремлення вище зазначеної спеціалізованої системи, в такий спосіб, щоб взаємоув'язати сутність виробничого кластеру, його аналітичні можливості та інформаційні моделі в умовах нестійкого ринку.

Головна мета цієї роботи полягає в тому, щоб на основі всебічного дослідження загальних та специфічних особливостей розвитку будівельної галузі економіки України обґрунтувати пропозиції по вдосконаленню її роботи, належній реорганізації галузі для підвищення її глобальної та регіональної конкурентоспроможності.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЧНА ТА АНАЛІТИЧНА ПЛАТФОРМА БУДІВЕЛЬНОЇ ЛОГІСТИКИ

Зміст до розділу 2

- 2.1 Принципи системності формування виробничого кластеру будівельної логістики.
- 2.2 Аналітичний модуль вирішення практичних задач виробничого кластеру на основі будівельної логістики.
- 2.3 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «постачальник-витрати».
- 2.4 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «можливості-обмеження-комунікації».

Висновок до розділу 2

Перелік використаної літератури у розділі 2

2.1 Принципи системності формування виробничого кластеру будівельної логістики

Логістичні системи будівельної логістики формуються на основі теорії і концепції [1, 2, 4, 5, 11, 61].

Концепція будівельної логістики є системою поглядів на підвищення ефективності функціонування виробничого кластеру та будівельних фірм на основі оптимізації функціональних матеріальних і інформаційних процесів. Концепція будівельної логістики реалізується на основі системного підходу.

Концепція будівельної логістики орієнтується на майбутнє. Вона визначає напрям, в якому повинна розвиватися логістична система виробничого кластеру будівельної галузі. Для цього визначаються цілі діяльності підприємств в області виробництва.

Для послідовної реалізації на практиці концепції будівельної логістики потрібний дієвіший підхід, який допоміг би розібратися в логістичних

зв'язках між окремими факторами. Такий принцип має назву принцип системного підходу. Цей принцип визначає не лише нові завдання, та і характер усієї управлінської діяльності в області будівельної логістики [31, 33, 56, 62].

Системний підхід – це напрям наукового пізнання, в основі якого лежить вивчення об'єктів як систем. Кожна система є інтегрованим цілим навіть тоді, коли складається з окремих, розрізнених підсистем. Отже системний підхід – це комплекс взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних загальною метою, що дозволяє розкрити його інтегративні властивості, внутрішні та зовнішні зв'язки [10, 38].

Принцип системного підходу полягає в розгляді елементів логістичної системи як взаємозв'язаних і взаємодіючих для досягнення глобальної мети функціонування системи [62].

Основою системного підходу є системні дослідження, є сукупністю наукових теорій, концепцій і методів, в яких об'єкт дослідження розглядається як система.

Вирішення питання про специфічні ознаки системного підходу, на відміну від будь-якого іншого типу наукового аналізу, значною мірою зумовлюється тим, що слід розуміти під системою .

Система (від греч. systema – складене з частин, з'єднання) – об'єктивна єдність закономірно пов'язаних один з одним предметів, явищ, а також знань про природу і суспільство [10, 38, 41].

Система – безліч елементів, що знаходяться в стосунках і зв'язках один з одним, які утворюють певну цілісність, єдність.

Під системою розуміється [62]:

- комплекс елементів, що знаходяться у взаємодії (Л. Берталанфі);
- безліч елементів із стосунками між ними і між їх атрибутами (А. Хол, Р. Фейджин).

- сукупність елементів, організованих таким чином, що зміна, виключення або введення нового елемента закономірно відбиваються на інших елементах (В.Н. Сокир);
- взаємозв'язок самих різних елементів; усе, що складається з пов'язаних одна з однією частин (Бир Ст);
- відображення входів і станів об'єкту у виходах об'єкту (Месарович М).

Визначення логістичних систем з деякою умовністю можна розділити на три групи [38].

1. Логістична система як комплекс процесів і явищ, а також зв'язків між ними, існуючих об'єктивно, незалежно від суб'єкта управління. Виділяються елементи системи, вивчаються які з її характеристик є істотними. Процес виділяє систему з середовища, тобто як мінімум визначає входи і виходи, а як максимум піддає аналізу її структуру, виявляє механізм функціонування і, виходячи з цього, впливає на неї в широкому напрямі. Тут логістична система виступає об'єктом дослідження і об'єктом управління.
2. Логістична система – спосіб дослідження. Розробляється логістична система як деяке абстрактне відображення реальних об'єктів. У цьому трактуванні поняття логістичної системи змикається з поняттям моделі.
3. Логістична система як деякий компроміс між двома першими. Логістична система являється штучно створюваним комплексом елементів (наприклад, команд, технічних засобів, наукових теорій), призначеним для вирішення доладного економічного завдання. Логістична система є реальним об'єктом і одночасно абстрактним відображенням зв'язків дійсності.

У основі логістичної системи лежить матеріальний потік.

Розглядаючи логістичну систему будівельної системи як складну систему, що реалізовує принципи управління матеріальними і інформаційними потоками, мається на увазі, що логістичні системи функціонують як деякі організаційні

бізнес-одиниці, управління об'єктами і процесами в яких будується на принципах загальної теорії управління.

Логістична система будівельної логістики є сукупністю елементів, що взаємодіють один з одним і що функціонують у рамках системи. Тому наступне визначення «Логістична система (ЛС) – складна організаційно завершена (структурована) виробнича система, яка складається з елементів-ланок (підсистем), взаємозв'язаних в єдиному процесі управління матеріальними і супутніми потоками, причому завдання функціонування цих ланок об'єднані внутрішніми цілями організації і (чи) зовнішніми цілями» [54, 61]. На це поняття і акцентуватимемо свою увагу у нашому дослідженні.

Будівельна логістика - відокремлено-трансформаційна система управління в будівництві, що складається з складних організаційно-структурованих виробничих підсистем (елементів цілісної системи), та дозволяє ефективно взаємоув'язати сутність виробничого кластеру, його аналітичні можливості та інформаційні моделі в умовах нестійкого ринку за рахунок спеціалізованого науково-практичного інструментарію. Будівельна логістика як система управління вивчає об'єкт і суб'єкт управління розвитку виробничого кластеру. Об'єктом управління є матеріальні та інформаційні потоки. Суб'єктом управління можуть бути апарат управління виробничого кластеру.

Застосування теорії систем до процесу управління логістичною системою будівельної логістики дозволяє вивчати виробничий кластер як єдність складових його частин (цілей, структури, завдань, технології, ресурсів), що поєднуються із зовнішнім середовищем (макросередовищем) [56].

Макросередовищем можна розділити на середовище прямої дії (СПД) і середовище непрямой дії (СНД). СПД – постачальники трудових і матеріальних ресурсів, капіталу, споживачі, конкуренти, правова база [61].

Теорія систем не уточнює, які елементи системи важливі, не визначає основні перемінні. Визначення перемінних і їх вплив на ефективність

організації є основним внеском ситуаційного підходу що є логічним продовженням теорії систем [56, 61, 62].

Таким чином, методика дослідження і розробки логістичної системи будівельної логістики спрямована на виявлення специфічних засобів дослідження, що відповідають завданням синтезу складних систем. Вона є методичною основою всієї сукупності сучасних логістичних досліджень.

У дослідженнях логістичних систем будівельної логістики виділимо наступні два етапи: мікропідхід та макропідхід.

Макропідхід розглядається як взаємодія об'єкта, що досліджується (логістична система) і зовнішнього середовища. При цьому здійснюються такі дії [30, 33]:

- облік потоків системи;
- виявлення полюсів системи, тобто таких елементів, через які потік проникає в систему і через які він створює систему;
- з'ясування природи цих потоків, особливостей способів кодування вихідної та вхідної інформації;
- з'ясування того, яку дію у зовнішньому середовищі здійснюють потоки, названі системою.

Мікропідхід полягає у [30, 33]:

- дезінтеграції логістичної системи на елементи;
- описі властивостей цих елементів;
- виявленні взаємодії між елементами;
- виявленні змін, що відбуваються в цих елементах в результаті виконання відповідних операцій;
- з'ясуванні режиму, в якому виконуються вказані операції;
- вивченні процесу перетворення вхідних потоків у вихідні;
- з'ясуванні зміни стану системи в цілому під час її функціонування.

При формуванні логістичних систем будівельної логістики повинні враховуватися наступні принципи: принцип поетапного послідовного просування створення системи (система спочатку досліджується на

макрорівні, тобто у взаємовідносинах із зовнішнім середовищем, а потім на мікрорівні – усередині власної структури); принцип поєднання інформаційних, ресурсних та інших характеристик систем, що проектуються; принцип відсутності конфліктів між цілями окремих підсистем і всієї системи [56].

2.2 Аналітичний модуль вирішення практичних задач виробничого кластеру на основі будівельної логістики

Підрозділ, що займається логістикою на підприємстві тісно взаємодіє з підрозділами планування виробництва. Це обумовлено тим, що виробництво залежить від своєчасної доставки сировини, матеріалів, комплектуючих виробів в необхідній кількості і певної якості. Відповідно, фахівці з логістики, що забезпечують проходження наскрізного матеріального потоку (отже, і організацію постачання підприємства), повинні брати участь в ухваленні рішень про впровадження продукції у виробництво [33].

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

Однією з функцій служби будівельної логістики є доставка сировини та комплектуючих безпосередньо на робочі місця будівельного майданчика і переміщення виготовленої продукції у місця зберігання. Неврегулювання взаємодія виробництва з логістикою при реалізації цієї функції призводить до збільшення запасів на різних ділянках, створює додаткове навантаження на виробництво [53, 58]. Визначення оптимального рівня якості, а також контроль за його дотриманням – також спільне завдання служби логістики підприємства і служби планування виробництва.

Світовий досвід показує, що найефективніше вкладення фінансів у вдосконалення будівництва, реконструкцію об'єктів, модернізацію і реконструкцію підприємства – це вкладення в організацію, планування і управління будівельною логістикою. На наш погляд, актуальним на сьогодні є застосування на підприємствах України методів управління будівельною логістикою (БЛ). Аналіз міжнародного досвіду показує, що при застосуванні БЛ для управління розвитку виробничого кластеру терміни їх здійснення скорочуються в середньому на 20–30%, а витрати зменшуються на 10–15%.

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

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

Поширеними методами і засобами для досягнення цілей вважається:

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

Одним із методів, який використовується для рішення задачі багатокритеріального вибору, є метод, розроблений на початку 1970 року американським математиком Томасом Сааті [6, 54, 55]. Сааті розробив процедуру підтримки прийняття рішень, яку назвав "Analytic hierarchy process" (АНР). Автори російського видання перевели цю назву як "Метод

аналізу ієрархій" (MAI). Цей метод відноситься до класу критеріальних і займає особливе місце завдяки тому, що він одержав винятково широке поширення і активно застосовується. На основі цього методу розроблені потужні системи підтримки прийняття рішень, наприклад "Expert choice"

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

Останні властивості методу дозволяють розглядати його як базовий метод рішення багатокритеріальних задач у процесі інформаційно-аналітичної підготовки. Метод також може бути швидко реалізовано на програмному рівні для створення фрагментів автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [54].

До основних переваг MAI слід віднести такі:

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

МАІ відкритий до подальшої розбудови та вдосконалення, наприклад, адаптація методу до використання в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику [6, 54].

Для управління БЛ на основі процесу інформаційно-аналітичної підготовки раціональніше застосовувати сучасні методи та моделі формування логістичних систем, які базуються на моделі «постачальник-витрати».

На основі теорії графів змодельована модель «постачальник-витрати», яка віддзеркалює взаємозв'язок всього процесу на макрорівні, що забезпечує оптимальний пошук найбільш ефективного варіанту забезпечення будівельних організацій необхідними потоками ресурсів за умови мінімізації витрат через встановлення спеціалізованих оптимізаційних взаємозв'язків між постачальниками та споживачами будівельних ресурсів, з обов'язковим дотриманням договірних умови постачання та аналітичною і інформаційною оцінкою постачальників. Модель «постачальник-витрати» дозволяє досліджувати БЛ без зміни топологічної структури графа [29, 39].

Для опису, аналізу і оптимізації розвитку БЛ на макрорівні найбільш відповідними виявилась модель «постачальник-витрати», що є різновидом орієнтованих графів [50,93].

Модель «постачальник-витрати» входить до класу математично-логістичних моделей, що віддзеркалює комплекс робіт (операцій) і подій, пов'язаних з реалізацією БЛ (науково-дослідницького, виробничого і ін.), в їх логічній і технологічній послідовності та зв'язку [62].

Математичний апарат моделі «постачальник-витрати» базується на теорії графів.

В якій моделюється сукупність взаємопов'язаних робіт і подій, що є складовими процесу досягнення певної мети.

Розширення меж використання моделі «постачальник-витрати» дозволяє [62]:

- 1) побудувати модель складної системи як сукупності простих систем;

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

Основна цінність такого підходу полягає в тому, що він може бути успішно застосований до рішення практично будь-якої задачі, коли дослідник володіє необхідними знаннями і здатністю точно побудувати моделі «постачальник-витрати» [62].

Переваги використання моделі «постачальник-витрати» можна сформулювати таким чином [62]:

- 1) модель можуть точно описати багато реально існуючих систем (транспортну, постачальну, виробничу, збутову);
- 2) для людей, що не займаються науковою роботою, модель є більш зрозумілішими, ніж будь-які інші моделі, що використовуються при дослідженні операцій;
- 3) алгоритми моделі «постачальник-витрати» дозволяють знаходити найбільш ефективні рішення при вивченні деяких великих систем;
- 4) в порівнянні з іншими методами оптимізації моделі «постачальник-витрати» алгоритми нерідко дозволяють вирішувати завдання із значно більшою кількістю перемінних і обмежень. Це стає можливим завдяки тому, що при використанні методів теорії графів часто вдається обмежитися вивченням лише частини даної системи.

З погляду теорії графів, моделі «постачальник-витрати» розглядається як кінцевий граф $G(U, A)$, що складається з безлічі вершин U ототожнених з подіями, і безлічі дуг A , ототожнених з видами робіт [61, 62].

На практиці основні показники ПРВК: тривалість, вартість, продуктивність праці, витрата ресурсів – значно відхиляються від запроектованих. Наприклад, майже половина об'єктів будівництва

завершується з відставанням від запланованих термінів (величина відставання від 10 до 100%). У зв'язку з цим в числі найбільш актуальних проблем у нас в країні і за кордоном є можливість обліку матеріально-технічного забезпечення з урахуванням логістичної концепції «точно – вчасно».

2.3 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «постачальник-витрати»

Перехід до ринкових відносин супроводжується глибокими перетвореннями як в самих будівельних системах, так і в середовищі їх функціонування. Соціально-економічні перетворення стали причиною різкого зростання невизначеності для будівництва зовнішнього середовища. Для багатьох будівельних організацій немає гарантованих постачань і фондів. Централізований розподіл здійснюється тільки за окремими видами продукції.

Важлива роль у своєчасному і якісному виконанні робіт покладена на комерційні організації, що організовують закупівлю матеріальних ресурсів. Невиконання зобов'язань з матеріально-технічного забезпечення породжують цілу низку негативних факторів: зриваються графіки будівництва, втрачається робочий час працівників, простоє будівельна техніка, зростає вартість будівництва, втрачається авторитет фірми [1, 2, 4, 5, 11, 15, 17, 18, 22, 23, 24, 25].

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

Існуюча система виробничо-технологічної комплектації об'єктів будівництва має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити недостатній зв'язок із заводами-постачальниками і транспортними

організаціями. Щоб вдосконалити цей зв'язок, забезпечити ефективну взаємодію в процесі комплектації будівництв матеріалами, виробами заводів-постачальників будівельних організацій, необхідна інженерна підготовка комплектації. Як будь-яка форма інженерної підготовки виробництва виробничо-технологічна комплектація повинна починатися з формування логістичної системи.

Логістична система - сукупність дій учасників ланцюга БЛ (підприємств-виробників, транспортних, торговельних організацій, будівельних організацій), побудованих так, щоб виконувалися основні завдання по активізації програм розвитку виробничого кластеру [5].

Логістичні системи дуже різноманітні по охопленню діяльності підприємства. Для деяких логістика це просто вміння працювати з базами даних, для деяких - постачальницька або складська діяльність. Але по своєму призначенню (а головне її призначення - зменшення витрат за умови виконання планових завдань, а отже збільшення ефективності виробничої діяльності) логістичні системи повинні охоплювати практично усі (окрім бухгалтерських, кадрових і т. п.) напрями діяльності [5].

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

Компанії можуть розвивати власні логістичні підрозділи, де самостійно вирішуються логістичні питання пов'язані з організацією і управлінням

перевезеннями, облік і управління запасами, комплектація, складське зберігання, зв'язок (можливість отримання як кінцевої, так і проміжної інформації в процесі матеріалоруху).

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

За рішення цієї задачі відповідає підсистема будівельної логістики у вигляді транспортної логістики.

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

Під транспортно-логістичною підсистемою - сукупність об'єктів і суб'єктів виробничої і логістичної інфраструктури будівельної логістики разом з матеріальними, фінансовими і інформаційними потоками, що виконує функції транспортування, зберігання, розподілу товарів, а також інформаційного супроводу матеріальних потоків будівельних ресурсів [6].

Щоб транспортно-логістична підсистема виробничого кластеру будівництва могла чітко функціонувати, потрібно побудувати (створити) відповідну структуру, яка буде відповідати матеріальному забезпеченню будівельного виробництва, згідно технології ті організації. Тобто знайти оптимальне рішення задачі закріплення об'єктів будівництва за підприємствами будіндустрії, використовуючи базу управління транспортно-логістичної системи у вигляді моделі «постачальник-витрати».

Матеріали і вироби від кожного постачальника доставляються на об'єкт у вигляді рейсових (транспортних) комплектів, після надходження яких на будівництво формується технологічний комплект. Під рейсовим комплектом розуміється частина повного комплекту, що доставляється на будівництво одним транспортним засобом за один рейс. Розробка рейсових

комплектів є однією з основних цілей транспортно-технологічної служби [15, 17, 18, 22, 23, 24, 25].

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

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

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

Забезпечення ефективної роботи кожної технологічної ланки, що бере участь в доставці вантажів на будівництво, і усунення недоліків на завершальному етапі комплектації об'єктів будівництва матеріальними ресурсами досягається розробкою транспортно-технологічної документації у вигляді транспортно-технологічних карт або самостійного проекту організації транспорту [7].

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

Діяльність будівельної логістики носить інтегрований характер і, як правило, відбувається в межах комплектувально-транспортно-будівельного комплексу (КТБК) виробничого кластеру. Успіх в будівельному бізнесі залежить не тільки від результатів діяльності окремої будівельної організації, але і від її партнерів-постачальників [18, 20, 26].

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

постачальників до замовників. Одне із завдань будівельної логістики, а саме просування матеріального потоку (будівельний матеріал, конструкції, деталі, напівфабрикати) від постачальника на приоб'єктні майданчики будівництва дозволяє вирішити модель «постачальник-витрати», яка базується на методі лінійного програмування, що включає елементи транспортної задачі.

Загальну модель «постачальник-витрати», вибору постачальника необхідно вирішуватися використовуючи також метод аналізу ієрархій, який дозволить класичну задачу представити у вигляді математично-логістичної моделі.

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

Можливості метода:

1. Метод дозволяє провести аналіз проблеми. При цьому проблема прийняття рішень представляється у вигляді ієрархічно впорядкованих:
 - Головної цілі (головного критерію) рейтингування можливих рішень.
 - Декілька груп (рівнів) однотипних факторів.
 - Групи можливих рішень.
 - Системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив факторів і рішень.
2. Метод дозволяє провести збір даних про проблему. Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішень має кластерну структуру. Набір можливих рішень і всі фактори, які впливають на пріоритети рішень, розбивається на відносно невеликі групи – кластери. Розроблена в методі аналізу ієрархій процедура попарних порівнянь дозволяє визначити пріоритети об'єктів, що входять в кожний кластер. Для цього використовується метод власного вектору. Таким чином, складна задача збору даних розбивається на ряд простих.
3. Метод дозволяє оцінити суперечливість даних і мінімізувати її. Для цього в МАІ розроблені процедури погодження. Зокрема, є можливість визначити найбільш суперечливі дані, що дозволяє виявити найменш ясні

місця проблеми і організувати більш ретельне вибіркове вивчення проблеми.

4. Метод дозволяє провести синтез проблеми прийняття рішень. Після того, як проведено аналіз проблеми і зібрано дані за всіма кластерами, по спеціальному алгоритму розраховується результативний показник – набір пріоритетів альтернативних рішень. Характеристики цього рейтингу дозволяють здійснити підтримку прийняття рішень. Крім цього, метод дозволяє скласти рейтинги для груп факторів, що дозволяє оцінювати важливість кожного фактору.
5. Метод дозволяє організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу. Думки, що виникають при обговоренні проблеми прийняття рішень, самі можуть в даній ситуації розглядати в якості можливих рішень. Тому МАІ можна застосовувати для визначення важливості обліку думки кожного учасника обговорення.
6. Метод дозволяє оцінити важливість обліку кожного рішення і важливість обліку кожного фактора, які впливають на пріоритети рішень. Величина пріоритету на пряму зв'язана з оптимальністю рішення. Тому рішення з низькими пріоритетами відхиляються як несуттєві. Тому якщо при виключенні деякого фактору пріоритети рішень змінюються незначно, такий фактор можна вважати несуттєвим.
7. Метод дозволяє оцінити стійкість рішення, що приймається.

Переваги методу аналізу ієрархій [54, 55]:

- він поєднує в собі переваги аналітичних та експертних методів;
- забезпечує реалізацію найбільш ефективного способу оцінки кількісно не вимірювальних, але разом з тим важливих факторів для прийняття рішень;
- не передбачає введення обмежень на транзитивність (метод працює з неузгодженими судженнями і не потребує, щоб вибір споживачів або осіб, що приймають рішення (ОПР), відповідали аксіомам корисності);

- дозволяє звести дослідження складних проблем до достатньо простої процедури проведення послідовно попарних порівнянь;
- не передбачає прямого визначення вагових коефіцієнтів для показників, які використовуються в оцінюванні якості рішення задач;
- простий в реалізації, а також не потребує значних фінансових і часових ресурсів на проведення необхідних розрахунків;
- дозволяє розв'язувати задачі з необмеженою кількістю критеріїв.

Умови використання методу[55]:

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

Алгоритм реалізації MAI в найбільш узагальненому виді включає в себе такі етапи [55]:

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

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

Розглянемо зміст перелічених етапів детальніше.

Етап 1. Відбувається декомпозиція цілі в ієрархію, яку в найбільш спрощеному варіанті представлено на рис. 2.1.

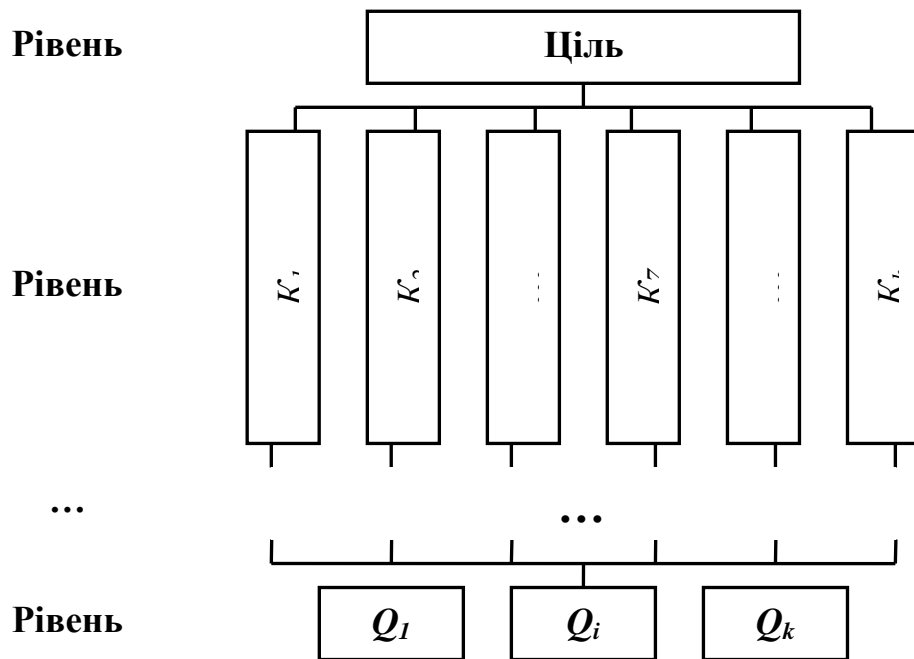


Рис. 2.1. Декомпозиція цілі в ієрархію

Багаторівневу структуру, сформовану для реалізації методу аналізу ієрархій, можна інтерпретувати наступним чином: на нульовому (вищому) рівні знаходиться загальна ціль; на першому рівні та наступних рівнях – розташовані деталізовані показники, що розкривають ціль; на R -му (нижчому) рівні – k альтернатив, які повинні бути оцінені по відношенню до критеріїв вищого рівня.

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

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

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

Під оберненими значеннями мається на увазі, що в разі, коли елемент матриці з індексом mn - ціле додатне число від 1 до 9, то елемент з індексом nm буде оберненим числом: $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}$ або $\frac{1}{9}$.

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

1. Знайти максимальне власне число λ_r^{\max} матриці парних порівнянь V_r , розв'язавши рівняння:

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

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

λ - власне число матриці V_r .

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

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

за виконання умови нормалізації:

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

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

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

Локальні вектори пріоритетів W_r за умови дотримання рівності

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

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

Етап 4. Оцінюється однорідність суджень експертів. Необхідність цього етапу визначається тим, що кількісна (кардинальна) та транзитивна (порядкова) однорідність може бути порушена, оскільки людські почуття неможна виразити. Наприклад, при зіставленні критеріїв експерт може показати, що критерій A має більш високий рівень значущості, ніж критерій B , критерій B переважніше за критерій C , однак C важливіше, ніж A . Зокрема, таке може статися, якщо критерії A , B , C близькі за рівнем значущості [55].

Однорідність суджень оцінюється індексом узгодженості (ІУ) або відношенням узгодженості (ВУ) у відповідності з наступними виразами:

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

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

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

Табульовані значення $M(IU)$ зведені в таблицю 2.1 (див., напр., у [41]).

Таблиця 2.1

Значення середніх показників $M(IU_r)$ в залежності від розмірності матриць K_r

K_r	1;2	3	4	5	6	7	8
$M(IU_r)$	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
K_r	9	10	11	12	13	14	15
$M(IU_r)$	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Якщо для матриці парних порівнянь відношення узгодженості (однорідності) $BU > 0.1$, то це свідчить про суттєві порушення логічності суджень, допущеному експертом при заповненні матриці, тому йому

пропонується переглянути дані, які використовувалися для побудови матриці, щоб покращити її однорідність. Якщо відношення узгодженості знаходиться в припустимих межах ($BV \leq 0.1$), але в деяких випадках допускається $BV = 20\%$, але не більше, то відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

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

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

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

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

k - кількість альтернатив;

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

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

$(R-2)$ -го рівня ієрархії;

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

Отриманий вектор можна вважати оцінкою значущості альтернатив. Чим вище ця оцінка, тим важливіше реалізація відповідного управлінського рішення для досягнення заданої цілі і тим більший пріоритет має відповідний комплекс управлінських дій серед інших альтернативних рішень [41].

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

Приблизний план такої перевірки може включати в себе такі етапи:

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

Необхідність перевірки рейтингу на стійкість зумовлена специфікою діяльності ЕС, залежністю від державного впливу, станом конкуренції в галузі і т. ін. А через те, що майже усі економічні важелі мають двобічну природу (один і той же важіль може як покращити стан ЕС, так і при

некоректному застосуванні погіршити його), неперевірений рейтинг, покладений в основу прийняття управлінських рішень, спроможний справити протилежний запланованому ефект.

Розглянемо у загальному вигляді таке завдання на прикладі.

У стандартній постановці завдання задані m пунктів постачання, з яких продукція (матеріальний потік) може транспортуватися в кожен з n пунктів споживання. Продуктивність i -го пункту постачання дорівнює A_i , а споживання j -го пункту – B_j . Значення A_i і B_j – фіксовані в заданому періоді планування. Вартість перевезення одиниці продукції з пункту i до пункту j не залежить від кількості вантажу, що перевозиться, і дорівнює C_{ij} . Класична транспортна задача. Але для покращення (удосконалення) її рішення для вибору постачальників використаємо МАІ. Для заданого відрізка планування потрібно визначити схему перевезення продукту, за яким загальні транспортні витрати є мінімальними. Візьмемо до уваги, що перевозиться один вид продукції [44].

Графічна інтерпретація моделі «постачальник-витрати» показана на рисунку 2.2.

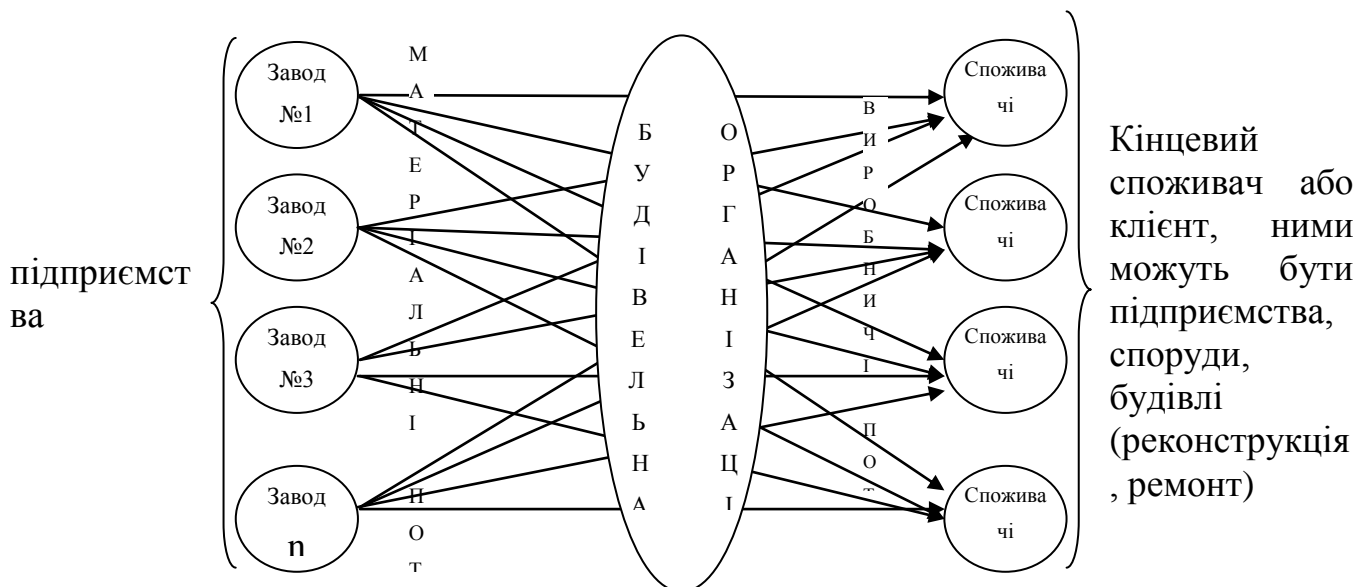


Рис. 2.2 – Типова спрощена схема транспорто-логістична підсистема у вигляді моделі «постачальник–витрати» виробничого кластеру

Завдання по вибору постачальника буде мати наступну модель ієрархії враховуючи альтернативи та критерії (рис.2.3).

Грунтуючись на досвіді В. І. Сергієва, який проводить вибір постачальників згідно з набору з п'яти головних критеріїв: 1) якість, куди відноситься і відповідність специфікаціям, і відповідність споживчим очікуванням, і відсоток браку; 2) надійність постачальника, включаючи чесність, обов'язковість, фінансову стабільність і багато що інше; 3) ціна з урахуванням усіх витрат, пов'язаних з постачанням; 4) якість обслуговування, куди відноситься рівень післяпродажного обслуговування і швидкість реакції на вимоги, що змінюються, і обставини; 5) умов платежу і можливість позапланових постачань. Усі ці критерії можуть мати абсолютно різний сенс для різних ситуацій, і для отримання кількісних оцінок. Гідністю такого набору критеріїв можна вважати те, що він підходить і для оцінки нового постачальника і для оцінки на підставі досвіду співпраці, тільки процедура оцінювання базуватиметься на різних джерелах інформації.

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

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

"якість" входить статистика за такими показниками, як: кількість браку за період, кількість браку в перерахунку на одиницю постачання, і так далі.

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

Альтернативи (постачальники):

1. A_1 – ЗАТ «БЛОКИ»
2. A_2 – ЗАТ «ЗЖБК №1»
3. A_3 – ВАТ «ПАВЛОГРАДЖИТЛОБУД» «Будмайстер».

Критерії:

1. Спеціалізація (С)
2. Якість (Як)
3. Резервна потужність (РП)
4. Надійність поставок (Н)
5. Статус фінансування (Ф)
6. Ціна (Ц).

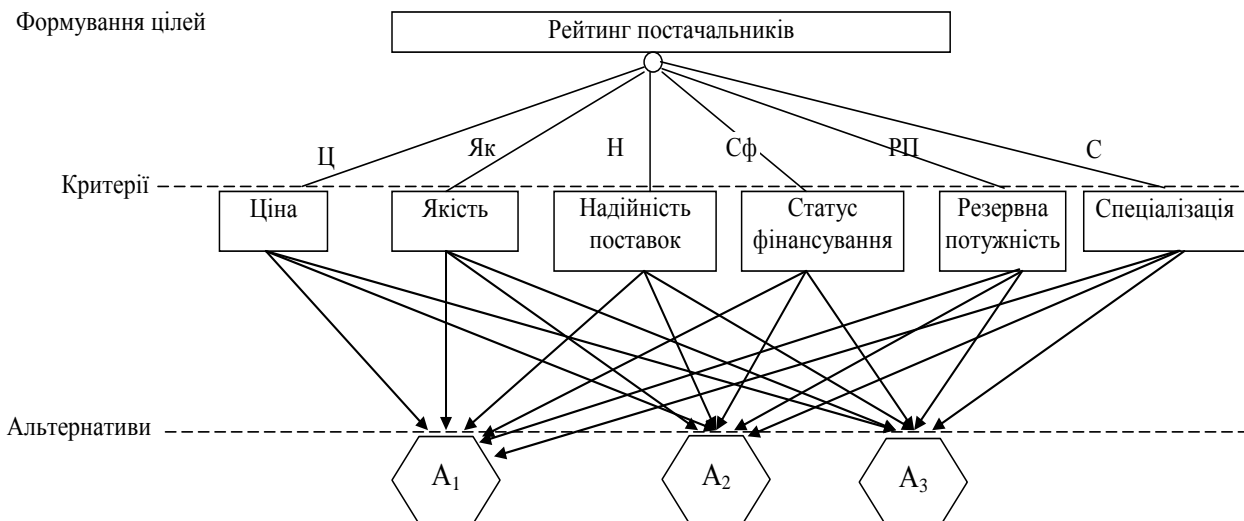


Рис. 2.3. Дерево цілей для задачі моделювання рейтингу постачальників

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

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

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

При цьому скористаємося методом парних порівнянь із шкалою оцінки елементів, запропонованою Т. Сааті, представлену в табл. 2.2 [54].

Таблиця 2.2

Дев'ятибальна шкала порівняння альтернатив за Т. Сааті

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

Якщо ваги (інтенсивності) елементів ієрархії невідомі, то попарні порівняння здійснюються на основі суб'єктивних суджень, що чисельно

оцінюються за певною шкалою. Необхідною умовою є те, що ОПР надає всім параметрам єдине виміряне за відносною шкалою значення v , яке показує, в скільки разів один параметр більш значиміший ніж інший, по відношенню до конкретного елемента наступного вищого рівня ієрархії [54].

Скористаємося таблицею 2.2 і побудуємо матрицю парних порівнянь для виділених нами дев'яти критеріїв. Результати порівнянь представлені в табл. 2.3.

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

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

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

Таблиця 2.3

Матриця парних порівнянь значимості критеріїв для задачі вибору
постачальників

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

Знаходження вектору пріоритетів у вигляді таблиці 2.4:

Таблиця 2.4

Знаходження вектору пріоритетів

Матриця порівнянь						проміжний вектор	вектор пріоритетів
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00	23,00	0,38
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	10,33	0,17
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00	6,17	0,10
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33	8,91	0,15
0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33	4,06	0,07
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00	8,03	0,13
						60,50	1

Знаходимо найбільше власне число матриці парних порівнянь

λ_{\max} (табл. 2.5)

Таблиця 2.5

Найбільше власне число матриці парних порівнянь

Матриця порівнянь						вектор пріоритетів	λ_{\max}
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00	0,38	2,92
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	0,17	1,31
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00	0,10	0,88
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33	0,15	0,92
0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33	0,07	0,46
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00	0,13	0,97
						1	7,46

$$\lambda_{\max} = 7.46 \quad IY = \frac{7.46 - 6}{6 - 1} = 0,27 \quad BY = \frac{0,27}{1,24} = 0,202$$

Відношення узгодженості знаходиться в припустимих межах (в деяких випадках допускається $ВУ = 20\%$), але не більше, то відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

Проведемо порівняння постачальників відносно шести характеристик у вигляді таблиць 2.6 -2.17.

Таблиця 2.6

Порівняння постачальників відносно спеціалізації

Спеціалізація	A1	A2	A3
A1	1	1/2	1/3
A2	2	1	3
A3	3	1/3	1

Таблиця 2.7

Розв'язування порівняння постачальників відносно спеціалізації

Спеціалізація Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1,00	0,33	0,50	0,15	0,48	0,05	0,08
3,00	1,00	3,00	0,58	1,85		
2,00	0,33	1,00	0,27	0,77		
			1,00	3,10		

Таблиця 2.8

Порівняння постачальників відносно якості

Якість	A1	A2	A3
A1	1	1	1
A2	1	1	1
A3	1	1	1

Таблиця 2.9

Розв'язування порівняння постачальників відносно якості

Якість Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1	1	1	0,33	1	0	0
1	1	1	0,33	1		
1	1	1	0,33	1		
			1,00	3		

Таблиця 2.10

Порівняння постачальників відносно резервної потужності

Резервна потужність	A1	A2	A3
A1	1	3	5
A2	1/3	1	3
A3	1/5	1/3	1

Таблиця 2.11

Розв'язування порівняння постачальників відносно резервної потужності

Резервна потужність Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IY	BY
1,00	3,00	5,00	0,61	2,00	0,06	0,10
0,33	1,00	3,00	0,29	0,80		
0,20	0,33	1,00	0,10	0,32		
			1,00	3,12		

Таблиця 2.12

Порівняння постачальників відносно надійності постачань

Надійність постачань	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

Таблиця 2.13

Розв'язування порівняння постачальників відносно надійності постачань

Надійність постачань Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IY	BY
1	1	2	0,4	1,2	0,00	0,00
1	1	2	0,4	1,2		
0,5	0,5	1	0,2	0,6		
			1	3		

Таблиця 2.14

Порівняння постачальників відносно статусу фінансування

Статус фінансування	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

Таблиця 2.15

Розв'язування порівняння постачальників відносно статусу фінансування

статус фінансування Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1,00	1,00	3,00	0,46	1,34	0,01	0,01
1,00	1,00	2,00	0,37	1,17		
0,33	0,50	1,00	0,17	0,51		
			1,00	3,02		

Таблиця 2.16

Порівняння постачальників відносно ціни

Ціна	A1	A2	A3
A1	1	3	7
A2	1/3	1	4
A3	1/7	1/4	1

Таблиця 2.17

Розв'язування порівняння постачальників відносно ціни

Ціна Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1,00	3,00	7,00	0,62	2,07	0,07	0,12
0,33	1,00	5,00	0,30	0,82		
0,14	0,20	1,00	0,08	0,24		
			1,00	3,14		

Для отримання ранжирування постачальників, помножимо матрицю таблиці 2.18 справа на транспонований вектор-рядок вагів характеристик. Це процедура "зважування" кожного з отриманих вище з шістьох власних векторів пріоритетом відповідної характеристики і потім скласти. В результаті маємо.

Таблиця 2.18

Зважування шкідливого з отриманих вище з шести власних векторів пріоритетом відповідної характеристики

	Спеціалізація	Якість	Резервна потужність	Надійність поставок	Статус фінансування	Ціна
A1	0,33	0,33	0,44	0,41	0,29	0,43
A2	0,33	0,33	0,25	0,32	0,29	0,33
A3	0,33	0,33	0,31	0,27	0,43	0,24

Згодом з проведення обчислень отримали загальну оцінку кожного постачальника $A1=0,36$; $A2=0,32$; $A3=0,31$.

$$\begin{bmatrix} 0,33 & 0,33 & 0,44 & 0,41 & 0,29 & 0,43 \\ 0,33 & 0,33 & 0,25 & 0,32 & 0,29 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,31 & 0,27 & 0,43 & 0,24 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,38 \\ 0,17 \\ 0,10 \\ 0,15 \\ 0,07 \\ 0,13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,36 \\ 0,32 \\ 0,31 \end{bmatrix}$$

Після рейтингування постачальників застосовуємо класичну транспортну задачу, яка доведе рішення загальної задачі по закріпленню об'єктів будівництва за заводами будіндустрії згідно моделі «постачальник-витрати».

Умови задачі зручно розташовувати у вигляді таблиці 2.19, вписуючи в великі клітини кількість вантажу, що перевозиться ($X_{11}, X_{21}, \dots, X_{mn}$), з A_i в B_j $X_{ij} \geq 0$, а в маленькі клітинки – відповідні тарифи C_{ij} ($C_{11}, C_{21}, \dots, C_{mn}$).

Таблиця 2.19

Загальні умови транспортної задачі у табличній формі

Постачальни -ки	Споживачі				Запаси
	B1	B2	...	Bn	
A1	X11 C11	X12 C12	...	X1n C1n	a1
A2	X21 C21	X22 C22	...	X2n C2n	A2
...
Am	Xm1 Cm1	Xm2 Cm2	...	Xmn Cmn	am
Потреби	b1	b2	...	bn	

Завдання може містити додаткові обмеження, пов'язані із специфікою продукції, що вимагає особливих умов перевезення і складування.

Математична постановка моделі «постачальник-витрати» полягає в мінімізації сумарних транспортних витрат або мінімізації вантажообігу.

Формулювання моделі «постачальник-витрати», має наступний вигляд.

Умовно об'єкти будівництва (споживачів) розташуємо за адресами:

1. B_1 – вул. Запорізька, 1-в;

2. B_2 – вул. Нікопольське шосе, 1к;
3. B_3 – вул. Скворцова, 25;
4. B_4 – вул. Патріотична, 15.

Кожному з об'єктів задамо попит на певний вид продукції: b_1, b_2, b_3, b_4 .

Виберемо постачальників – заводи будіндустрії які випускають необхідну продукцію:

4. A_1 – ЗАТ «БЛОКИ»
5. A_2 – ЗАТ «ЗЖБК №1»
6. A_3 – ВАТ «ПАВЛОГРАДЖИТЛОБУД» «Будмайстер».

У кожному пункті знаходиться тільки одне підприємство (якщо декілька, то відповідно збільшується число пунктів), але потужності підприємств різні. Потужність кожного з підприємств позначимо a_i^k , де нижній індекс відповідає номеру пункту, а верхній – номеру варіанту потужності.

Кількість варіантів потужності в кожному пункті різна. Ця кількість позначена через $P_i, i = 3$. Тоді $K = 1, \dots, P_i$. При $K = 1$ потужність дорівнюється нулю. Витрати на перевезення одиниці продукції з пункту 1 в пункт 4 позначені – C_{ij} розмір витрат на придбання одиниці продукції в пункті i при варіанті потужності k – S_i^k . Розмір партії постачання продукції з пункту i в пункт j в оптимальному варіанті – x_{ij} .

Оскільки тільки за результатами розрахунку встановлюється, який варіант потужності підприємств i увійде до оптимального плану, вводиться невідоме Y_i^k за допомогою якого сформулюємо вимогу цілочисельності в умовах задачі. Це невідоме може бути рівне 1 або 0, причому, якщо $Y_i^k = 1$, це означає, що даний варіант потужності входить в оптимальний варіант, а якщо $Y_i^k = 0$, то відповідний варіант в оптимальне рішення не входить. Оскільки від кожного підприємства може увійти до рішення тільки один варіант, то ця вимога відповідає наступному рівнянню:

$$\sum Y_i^k = 1, (i = 1 \dots 3) \quad (2.8)$$

Сума поставчань в кожен пункт споживання повинна відповідати його попиту:

$$\sum X_{ij} = b_i, (i = 1 \dots 4) \quad (2.9)$$

Сума поставчань кожного з підприємств-постачальників повинна бути рівною одному з варіантів його потужності:

$$\sum X_{ij} = \sum a_i^k \quad (2.10)$$

Завдання має сенс тільки за тієї неодмінної умови, що сума максимальних потужностей кожного підприємства більша сумарного попиту $\sum a_i^P = \sum b_i$. Наявність такої умови робить задачу завданням. Тільки якщо сумарна потужність з всіх варіантів більша, ніж сумарний попит, створюється можливість вибору оптимального варіанта.

Вимога до поставчань $x_{ij} \geq 0$ дозволяє записати функціонал у вигляді

$$F(x) = \sum x_{ij} C_{ij} \rightarrow \min \quad (2.11)$$

Перетворимо формулу (3.11) у вигляд, де враховується рейтингова оцінка кожного з постачальників:

$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min \quad (2.12)$$

Таким чином, отримане рівняння є економіко-математичною моделлю задачі про розміщення замовлень з урахуванням рейтингової оцінки кожного з постачальників. Модель дозволяє привести задачу до вигляду, що допускає її кількісне рішення. Буді-яку задачу можливо описати системою рівнянь і нерівностей для приведення її до відомих методів вирішення, але якщо методів рішення не існує, то їх слід розробити. Проте модель повинна бути такою, щоб задачу можна було вирішити. У цьому і полягає пошук коректного рішення задачі [30].

У найзагальнішому вигляді методика рішення наступна. Складається матриця, рядки якої відводяться під варіанти виробництва, а стовпці – під споживачів. Сумарний попит всіх споживачів набагато менший сумарної

потужності всіх постачальників за даними варіантами, з яких необхідно зробити вибір, що і робить модель відкритою. Для дотримання балансу умов вводиться стовпець фіктивного споживача з попитом, рівним розбалансуванню. Матриця показників C_{ij} (за винятком стовпця фіктивного споживача) заповнюється числами, що характеризують сукупні витрати на придбання одиниці продукції за відповідним варіантом і на доставку її до відповідного пункту споживання [61, 44].

Підприємства, що прикріплюються до реальних споживачів, вигідні за умови загального мінімуму витрат, їх слід прийняти до реалізації. Ті ж, що прикріплювалися до фіктивного споживача, не є вигідними і в реалізацію включатися не повинні. Рішення задачі пов'язане з необхідністю подолання низки ускладнень, що відносяться як до самої схеми розрахунку, так і до внесення в матрицю початкової інформації.

При зміні потужності підприємства змінюється і сума витрат на придбання, причому ці витрати не пропорційні. При збільшенні потужності сума витрат найчастіше збільшується, але у меншій мірі.

Таким чином, одна з головних залежностей в завданні має нелінійний характер. Завдання не відноситься до лінійного програмування, призначеного для лінійних екстремальних завдань.

При розрахунку потужності постачальників у деяких рядках матриці повністю прикріплюється до реальних споживачів, а деяких – до фіктивного споживача. З'являються реальні і фіктивні рядки в матриці. Згідно алгоритму, загальна кількість клітинок в оптимальному розподілі повинна бути $m+n-1$, причому вони повинні розташовуватися в порядку викреслюваної комбінації. У оптимальному розподілі практично завжди будуть рядки, у яких символ потужності підприємства прикріплюється одночасно до фіктивного і реального споживачів (змішана стратегія розподілу). Оптимальність розподілу встановлюється за значенням функції мети. У функціонал, що символізує дане підприємство увійшло з витратами, вказаними в матриці, але при питомих витратах, відповідних повній, а не частковій потужності

підприємства. Якщо прийняти, що потужність підприємства буде рівною тій частині, що прикріплюлася до реальних споживачів, то необхідно відповідно змінити показники питомих витрат на придбання, а значить, і знайденого значення функціонала [61, 44]. Це завдання має назву – транспортної задачі з неправильним балансом.

Баланс транспортної задачі, що включається в модель «постачальник-витрати» може порушуватися у двох напрямках:

1) Сума запасів в пунктах відправлення перевищує суму поданих заявок:

$$\sum a_i > b_j \quad (\text{де } i=1\dots,m ; j=1\dots,n); \quad (2.13)$$

2) Сума поданих заявок перевищує наявні запаси:

$$\sum a_i < b_j \quad (\text{де } i=1\dots,m ; j=1\dots,n). \quad (2.14)$$

Умовимося перший випадок називати «Постачальник-витрати» з надлишком запасів, а другим – «Постачальник-витрати» з надлишком заявок. Загальна схема цих випадків розглядаються у вигляді схеми моделі «Постачальник-витрати» на рисунку 2.4.

Посилаючись на загальну схему алгоритму моделі «Постачальник-витрати» (рис.2.4) та проведеному аналізу рейтингу постачальників запишемо розгорнуту транспортну задачу у вигляді таблиці 2.20.

Таблиця 2.20

Пошук оптимального варіанта розміщення замовлення

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

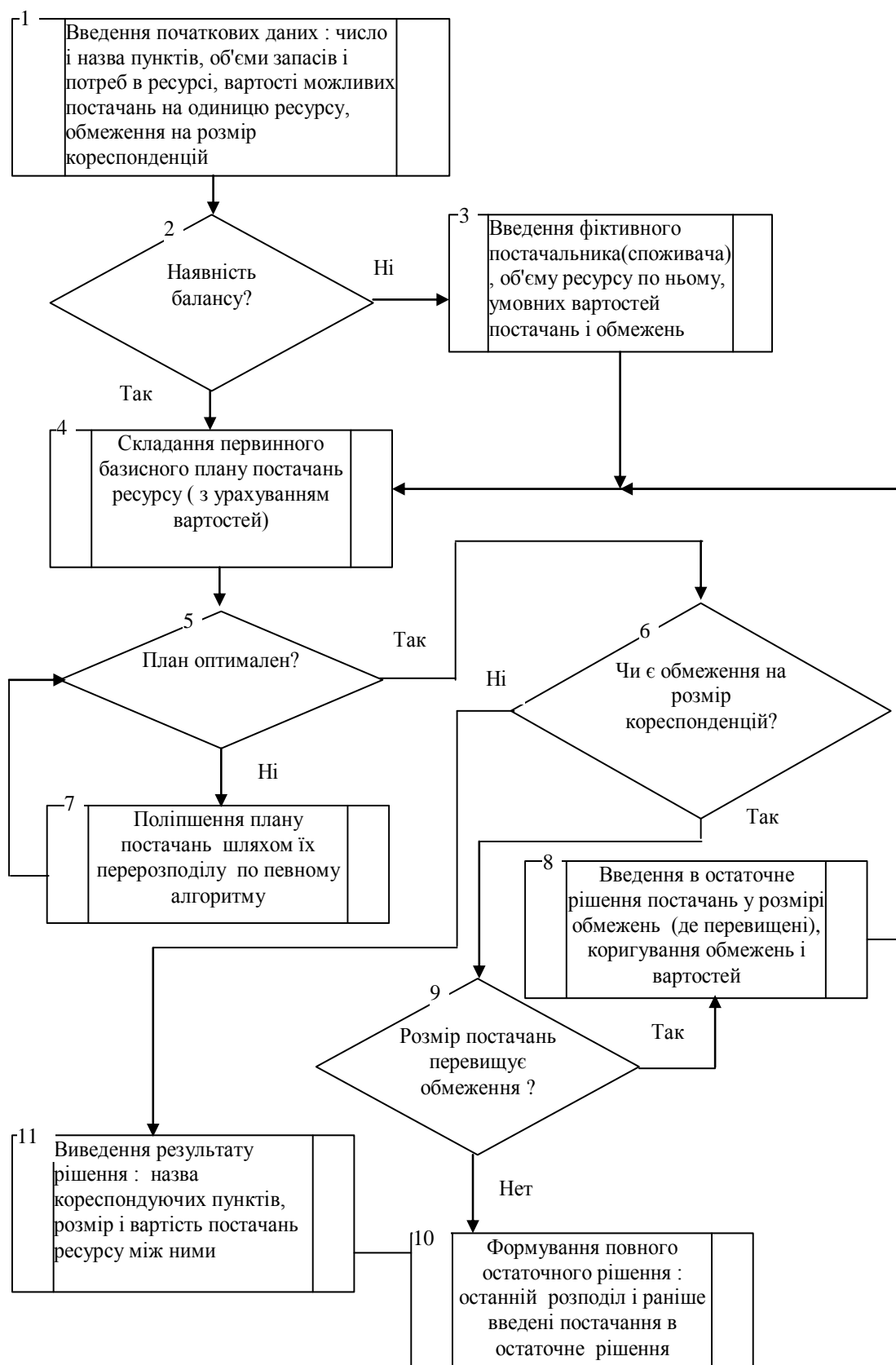


Рис. 2.4 – Загальна схема алгоритму рішення задачі руху матеріального потоку будівельних ресурсів за допомогою моделі «постачальник-витрати»

Знаходячись в епісі сучасних комп'ютерних технологій, автоматизації господарської діяльності підприємств, у тому числі і будівельно-монтажних організацій, де всі розрахунки виконуються за допомогою прикладних програм, таких як «ПОТІК v1.1».

Метод і алгоритм рішення: попередньо будується на теорії графів у вигляді модель «постачальник-витрати», визначається початкова циркуляція, що задовольняє умові збереження потоку. Модель «постачальник-витрати» розрахунку приведена на рисунку 2.5. Нульова циркуляція завжди задовольняє ці умови. Потім для вузлів призначаються довільні числа π і виконується процедура розстановки відміток. У разі виникнення прориву потоки по дугах змінюються, в іншому випадку визначаються нові вузлові числа і дана процедура повторюється. Алгоритм виключення дефекту (АВД) є прямодвійним алгоритмом, тому задане початкове рішення може не відповідати умовам ні прямої, ні подвійної задачі. Інші алгоритми не володіють такою гнучкістю.

Розглянемо задачу як модель «постачальник-витрати» (рис.2.5) з метою можливості застосування АВД. Для цього необхідно виконати дві процедури:

1. Сформулювати математичну постановку завдання у вигляді потокової із замкнутою мережею з обмеженою пропускною здатністю.
2. Задати початкові значення подвійних змінних Π_k (вузлові числа) і початкову циркуляцію f_{ij} , що задовольняє умові збереження потоку. Для даного приклада матриця має наступний вигляд: f_{ij} – кількість одиниць продукції, що перевозиться з i -го заводу на j -те будівництво, A_i - пропозиція i -го заводу, B_j – попит j -й будівництва, c_{ij} – витрати на перевезення одиниці продукції з i -го заводу на j -те будівництво, C_{ij} вартість залізобетонної конструкції, n_{ij} – оцінка постачальника.

Завдання можливо описати формулою (2.12) відповідно до системи (2.15):

$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min \quad (2.15)$$

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

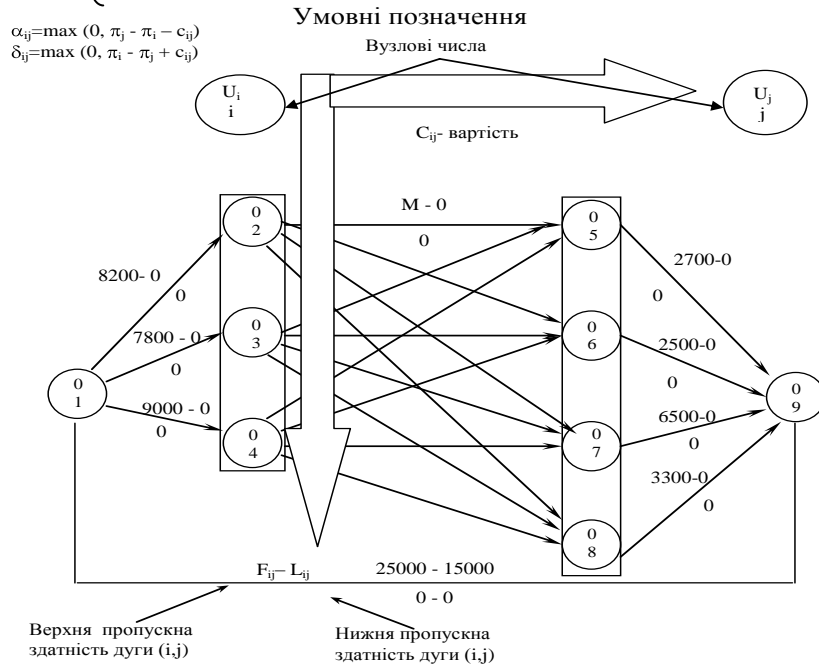


Рис. 2.5 – Модель «постачальник-витрати-відкритий баланс»
будівельної логістики

Розрахунок моделі «постачальник-витрати-відкритий баланс» будівельної логістики з урахуванням оцінки постачальників наведений у таблицях 2.21-2.23.

Таблиця 2.21

Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	0
2	1	3	7800	0	0	0
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	0
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	0

Продовження таблиці 2.21

7	2	8	9999	0	325	0
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	0
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	0
17	6	9	2500	0	0	0
18	7	9	6500	0	0	0
19	8	9	3300	0	0	0
20	9	1	25000	15000	0	0

Таблиця 2.22

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	7200
2	1	3	7800	0	0	7800
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	2700
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	1200
7	2	8	9999	0	325	3300
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	2500
10	3	7	9999	0	325	5300
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0

Продовження таблиці 2.22

14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	2700
17	6	9	2500	0	0	2500
18	7	9	6500	0	0	6500
19	8	9	3300	0	0	3300
20	9	1	25000	15000	0	15000

Таблиця 2.23

Вузлові числа

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

Цільова функція: 4882800

Отримані результати моделі «постачальник-витрати-відкритий баланс» будівельної логістики в програмі «ПОТІК v1.1» достовірніші і відповідають логіці рішення поставленої задачі, це свідчить про те, що програма має низку обмежень і критерії більш розширеного спектра.

Розшифровка результатів оптимального рішення показана на рис. 2.6

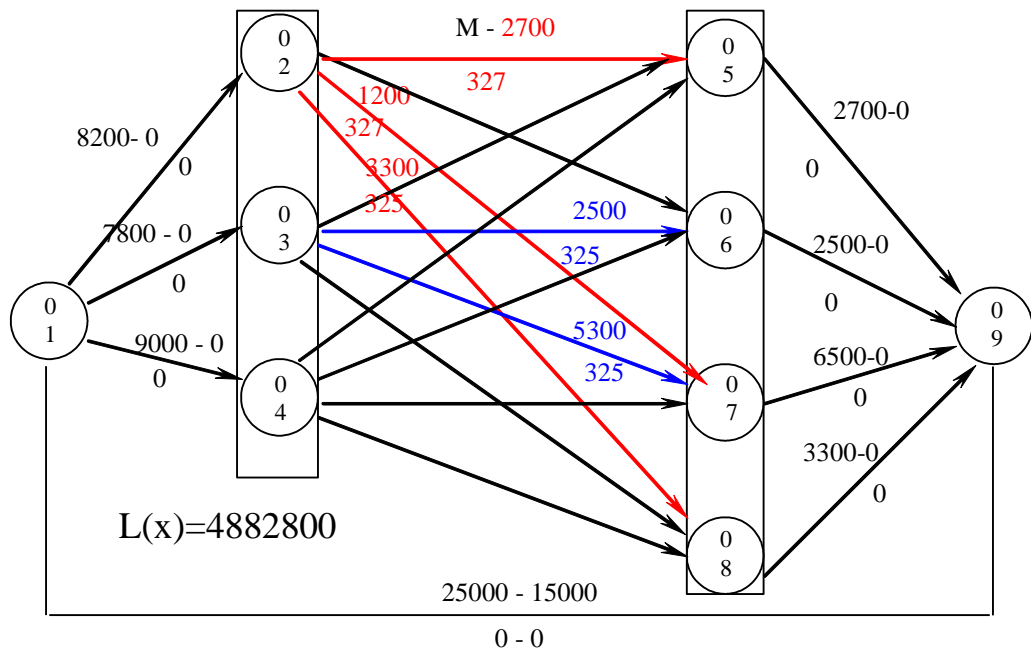


Рис. 2.6 – Оптимальне рішення

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

Розглянемо ще одну модель «постачальник-витрати-закритий баланс» з правильним, закритим балансом де сумарний об'єм поставок дорівнює сумарному об'єму споживання.

Постановка моделі «постачальник-витрати-закритий баланс».

Однорідний вантаж, або один вид продукції: цегла, залізобетонні конструкції і т.і., що знаходяться в m пунктах відправлення (виробництва) позначених, як $A_1, A_2 \dots A_m$ відповідно в кількостях $a_1, a_2 \dots a_m$ одиниць, потрібно доставити в кожен з n пунктів призначення (споживання) позначених, як $B_1, B_2 \dots, B_n$ відповідно в кількостях $b_1, b_2 \dots, b_n$ одиниць. Вартість перевезення (тариф) одиниці продукції з A_i у B_j відома для всіх маршрутів $A_i B_j$ і $(C_{ij} + c_{ij}) \cdot \eta_{ij}$ ($i=1, m; j=1, n$). Потрібно скласти такий план перевезень, при якому весь вантаж з пунктів відправлення вивозиться без залишків і запити всіх пунктів споживання задовольняються (закрита модель), що описується формулою (2.16) [11, 15, 21, 55]:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.16)$$

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

Математична інтерпретація моделі «постачальник-витрати-закритий баланс» така.

Цільова функція за критерієм мінімізації аналогічна формулі (2.12):

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

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

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

За умовами що відповідають формулі (3.15):

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

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

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

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

Рішення задачі виконаємо у два етапи:

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

Сформулюємо математичну постановку модель «постачальник-витрати-закритий баланс».

Хай x_{ij} – кількість будівельної продукції, що транспортується від i -го джерела (постачальника) до j -го споживача. Цільова функція відповідає сумарним транспортним витратам. Обмеження необхідні для того, щоб вся

виготовлена продукція використовувалася і потреба кожного будівництва у матеріалах була задоволена.

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

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

Враховуючи приведені обмеження, необхідно знайти ефективний варіант з мінімальним обсягом вантажообігу. Для визначення в будь-якому варіанті перевезень вантажів досить підсумувати обсяги кожного поставання на відповідні йому відстані. Варіант буде оптимальним, а завдання розв'язане, якщо ця сума буде приведена до мінімуму. Слід вважати природним вимогу позитивних значень для потужностей заводів $A_i \geq 0$ і попиту об'єктів $B_j \geq 0$. Показники відстаней не можуть бути від'ємними, оскільки це з економічної точки зору є недоцільним, але з математичної – не обов'язково вимагати їх невід'ємності. Вихідні дані приведені в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24

Вихідні дані завдання:

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, (ємність склада), тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A1	6200	327	330	327	325
A2	5600	326	325	325	326
A3	3200	350	346	347	346
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Далі розглянемо варіант вирішення моделі «постачальник-витрати-закритий баланс» з використанням метода АВД за допомогою програми «ПОТІК v1.1».

Вводимо початкові дані в програму «ПОТІК v1.1» (рис. 2.7 та 2.8).

		5	6	7	8	Попит
ДЖЕРЕЛО		2700	2300	6500	3300	$C_{ij} (i=1,2,3; j=1,2,3,4)$
	2	6200	327	330	327	
	3	5600	326	325	325	
	4	3200	350	346	347	
		Пропозиція				

Рис. 2.7 – Вихідні дані закритої транспортної задачі

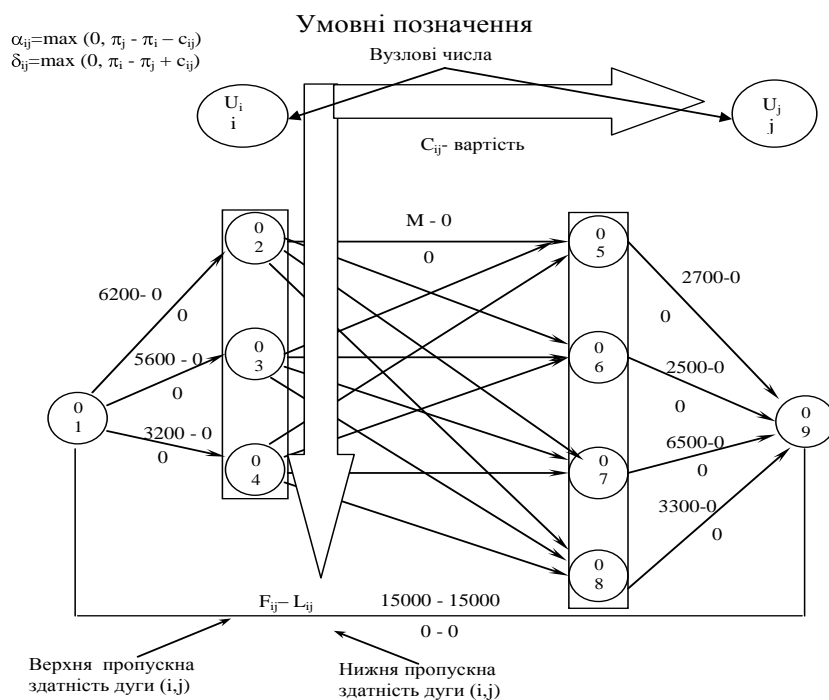


Рис. 2.8 – Модель «постачальник-витрати-закритий баланс»

Для використання метода алгоритма виключення дефекта (АВД) слід виконати наступні процедури [15-17, 21]:

1. Існує m джерел (початкових вузлів) і n пунктів призначення. З кожного джерела у всі пункти призначення доставляється більш за a_i одиниці матеріального потоку (будівельні матеріали, конструкції, деталі).

2. Для кожної дуги за пропускну спроможність і вартість (F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) взято три значення $(M, 0, C_{ij})$.

3. Введемо головне джерело постачань і головного споживача. Для кожного джерела і побудуємо дугу, від головного джерела в джерело споживання j . Прийmemo для цієї дуги три значення пропускну спроможності-вартості $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (A_i, 0, 0)$. Для кожного пункту споживання j побудуємо дугу, від j в головний стік. Тоді для цієї дуги задамо три значення $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (M, B_j, 0)$.

4. Побудуємо зворотну дугу і визначимо для неї наступні три значення $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (\sum B_j, \sum A_i, 0)$.

5. За початкові значення усіх потоків і подвійних змінних узяти $f_{ij} = 0$, $\Pi_k = 0$.

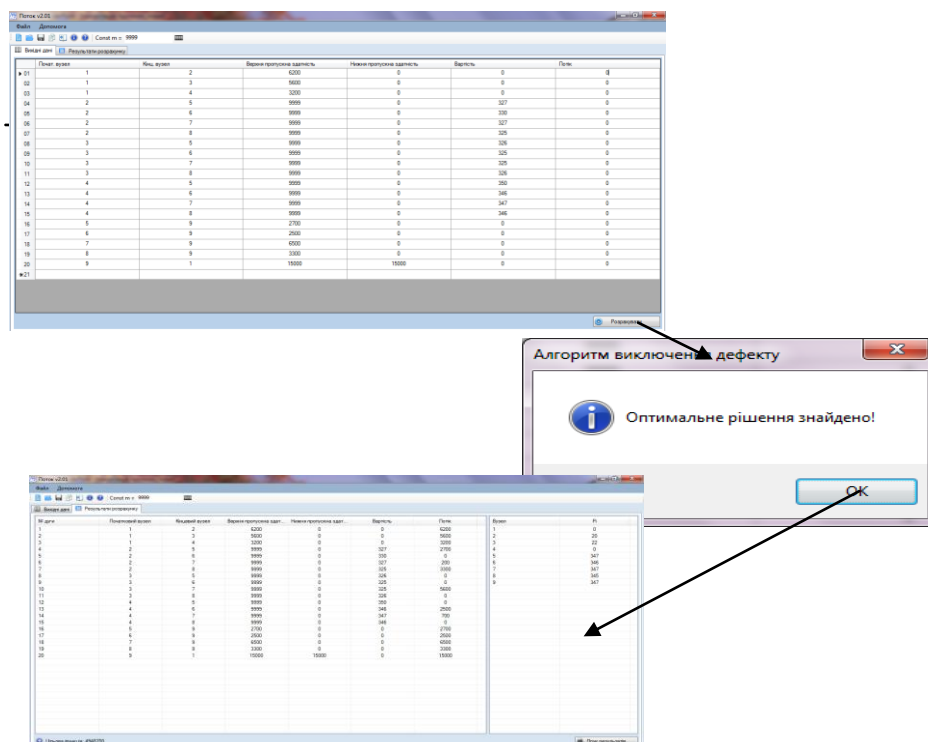


Рис. 2.9 – Інтерфейс програми «ПОТІК v2»

Таблиця 2.25

Вихідні дані

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

Таблиця 2.26

Результати розрахунків

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

Вузлові числа

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

Цільова функція: 4948700

Оптимальне рішення представлено у вигляді моделі «постачальник-витрати-закритий баланс» (рис. 2.10).

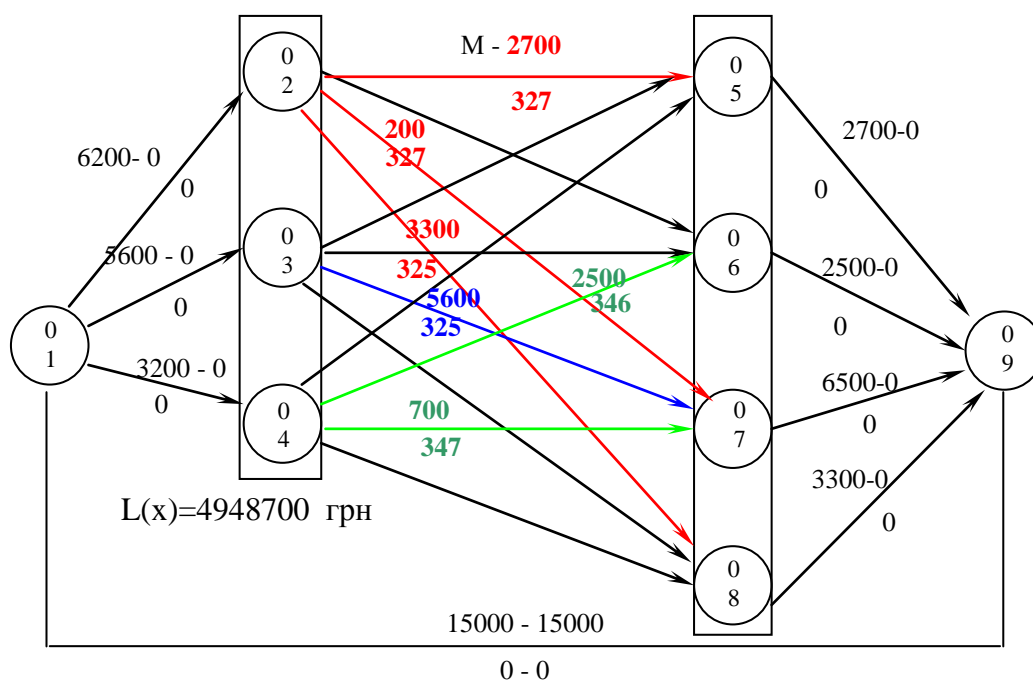


Рис. 2.10 - Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

2.4 Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «можливості-обмеження-комунікації»

В даному підрозділі будуть розглянуті найбільш важливі приклади ускладненої постановки транспортної задачі стосовно питань оптимізації

перевезень і розглянута методика приведення поставлених задач до типу і форми транспортних з тим, щоб рішення могло бути виконано за допомогою транспортних алгоритмів.

Для вирішення цілого ряду математично-логістичних завдань транспортні алгоритми виявляються неприйнятними, а симплексний метод призводить до досить трудомістких обчислень. У цих випадках можуть виявитися корисними і раціональніші видозмінені постановки транспортної задачі.

Рішення виконується за допомогою моделі «можливості-обмеження-комунікації», що забезпечує процес управління рухом матеріально-ресурсного потоку для планування будівельного виробництва з обов'язковим враховуванням транспортних шляхів і засобів.

Загальна постановка завдання моделі «можливості-обмеження-комунікації» управління матеріальними потоками в транспортних системах для планування забезпечення будівельного виробництва в розглянутих прикладах, передбачала, що з будь-якого пункту виробництва в будь-який пункт споживання може бути перевезена будь-яка кількість продукції (будівельних ресурсів), на прикладі залізобетонних конструкцій [28, 55, 57].

У цілому ряді випадків оптимізації планування розподілу продукції, а саме рух матеріально-ресурсного потоку, доводиться враховувати обмежені можливості транспортних шляхів і засобів. Це може мати місце і при плануванні перевезень по регіональних дорогах і підприємств (Запорізькій області) як усередині підприємств, так і між підприємствами комплексу. Тому в математичну модель «можливості-обмеження-комунікації» завдання введені додаткові обмежувальні умови, що враховують можливість транспортних шляхів і засобів [28]:

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.17)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.18)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.19)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (2.20)$$

Якщо позначити транспортні можливості між пунктами i та j через d_{ij} , то кількість вантажу x_{ij} , яке може бути перевезене по цьому напрямку за планований період часу, не повинна перевищувати транспортних можливостей, тобто [28]:

$$x_{ij} \leq d_{ij}. \quad (2.21)$$

Тоді обмеження (2.20), (2.21) об'єднуються і модель завдання ускладнюється двосторонніми обмеженнями на змінні:

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}. \quad (2.22)$$

При цьому загальна транспортна можливість доріг, сполучаючих i -го пункту виробництва з усіма n пунктами споживання, має бути рівна або більше кількості продукції, призначеної до постачань з цього i -го пункту всім n споживачам:

$$\sum_{j=1}^n d_{ij} \geq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2.23)$$

Загальна ж транспортна можливість доріг, сполучаючи j -го пункт споживання з усіма m пунктами виробництва, має бути рівна або більше кількості продукції, яку потрібно поставити в цей j -го пункт від усіх m постачальників, тобто:

$$\sum_{i=1}^m d_{ij} \geq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2.24)$$

Існують різні підходи до рішення цієї задачі. Розглянемо найбільш простий з них.

Шляхом деяких перетворень умов її можна звести до типу звичайного транспортного завдання. Для цього пункт виробництва (постачальника i) або споживання (споживач j), для яких в умові обмежені транспортні можливості розбивається на два умовні пункти. При цьому слід підкреслити; неодмінно один пункт (допустимо, постачальник A_i розбивається на A_i' та A_i'') [28].

Потужність умовного постачальника A_i' приймається рівній встановленій можливості засобів, що сполучають пункт i із споживачем j ,

$$a_i' = d_{ij} \quad (2.25)$$

а потужність умовного постачальника A_i'' - рівній різниці між заданими в умові завдання потужністю постачальника в пункті i та можливістю засобів між i -м та j -м пунктами, тобто

$$a_i'' = a_i - d_{ij} \quad (2.26)$$

При цьому витрати на постачання вантажів з пункту i' в пункт j - $c_{i'j}$, приймаються рівними дійсним витратам c_{ij} , приведеним в умові завдання. У оптимальному рішенні змінні $x_{i'j}$, можуть мати будь-яке ненегативне значення від нуля до a_i' тобто:

$$0 \leq x_{i'j} \leq a_i' \quad (2.27)$$

На відміну від них змінні $x_{i''j}$ в оптимальному рішенні неодмінно мають дорівнювати нулю, оскільки потужність a_i'' характеризує кількість вантажу в пункті i понад встановлену можливість засобів, що сполучають пункти i та j , отже, ця частина вантажу має бути спрямована не j -му, а будь-якому іншому споживачеві. Для того, щоб в оптимальному рішенні забезпечити значення змінних $x_{i''j} = 0$, витрати на постачання вантажу з пункту i'' в пункт j приймаються рівними M , тобто $c_{i''j} = M$ (тут M -число більше будь-якого скільки завгодно великого числа) [28].

При мінімізації цільової функції (2.17) і коефіцієнтах $c_{i''j} = M$, в оптимальному рішенні отримаємо:

$$x_{i''j} = 0$$

Звідси витікає, що

$$x_{ij} = x_{i'j} + x_{i''j} = x_{i'j} \quad (2.28)$$

Тоді, виходячи з умов (2.13), (2.14), отримаємо:

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}$$

Таким чином, об'єм постачання вантажу з пункту i в пункт j не перевищить встановленої здатності транспортних засобів, що забезпечують ці пункти. Якщо для якоїсь пари пунктів виробництва i та споживання s транспортні можливості не обмежені, об'єм постачання вантажу від постачальника A_i до споживача B_s визначиться як сума значень пари відповідних змінних [28]:

$$x_{is} = x_{i's} + x_{i''s} \quad (2.29)$$

Розглянемо конкретний приклад.

Є завдання, початкові дані якого приведені в таблиці 2.28. У цій же таблиці показаний оптимальний план постачань в припущенні, що пропускні здібності усіх транспортних засобів і шляхів не обмежені.

Таблиця 2.28

Загальна постановка завдання і оптимальний план постачань

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A1	6200	⁵⁸ 2700	⁶⁵	⁶³ 200	⁵⁴ 3300
A2	5600	⁶⁰	⁵⁵	⁵⁶ 5600	⁵⁹
A3	3200	⁷⁸	⁶⁰ 2500	⁷⁰ 700	⁶⁶
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

$L(x) = 860000$ тис. грн.

Введемо в умову завдання додаткове обмеження типу (2.22). Припустимо, що пропускна спроможність транспортного шляху, що сполучає постачальника A3 із споживачем B1 обмежена, і по ньому в планованому періоді можна перевезти не більше 2300 тис.м³ залізобетону. Тоді в оптимальному рішенні значення змінної x_{31} повинне задовольняти умовам:

$$0 \leq x_{31} \leq 2300 \quad (2.23)$$

Припустимо, що по інших транспортних зв'язках обмежень немає. Відповідно до цього побудована матриця (табл. 2.28). Подальший розрахунок може бути виконаний за допомогою будь-якого транспортного алгоритму. У таблиці. 2.29 приведена результативна схема постачань, що є оптимальним планом з урахуванням обмеження (2.22).

Введення обмеження по пропускній спроможності транспортних засобів і шляхів викличе зміна плану, при цьому не повинно відбитися на величині цільової функції. І дійсно, в нашому прикладі цільова функція $L_1=860000$ (за планом таблиці 2.28), з введенням обмеження пропускної спроможності однієї лише дороги, $L'=860000$ (за планом табл. 2.29).

Таблиця.2.29

Введення обмеження пропускної спроможності

Постачальник и, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A1	6200	58	65	63	54
A2	5600	60	55	56	59
A ₃ '	2200	78	60	70	66
A ₄ "	1000	M	60	70	66
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Проведемо розрахунок за допомогою АВД. Вихідні дані зведемо в таблицю 2.30.

Результати розрахунків приведені в таблиця 2.31. та 2.32:

Таблиця 2.30

Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	0
2	1	3	5600	0	0	0
3	1	4	2200	0	0	0
4	1	5	1000	0	0	0
5	2	6	9999	0	58	0
6	2	7	9999	0	65	0

Продовження таблиці 2.30

7	2	8	9999	0	63	0
8	2	9	9999	0	54	0
9	3	6	9999	0	60	0
10	3	7	9999	0	55	0
11	3	8	9999	0	56	0
12	3	9	9999	0	59	0
13	4	6	9999	0	78	0
14	4	7	9999	0	60	0
15	4	8	9999	0	70	0
16	4	9	9999	0	66	0
17	5	6	9999	0	9999	0
18	5	7	9999	0	60	0
19	5	8	9999	0	70	0
20	5	9	9999	0	66	0
21	6	10	2700	0	0	0
22	7	10	2500	0	0	0
23	8	10	6500	0	0	0
24	9	10	3300	0	0	0
25	10	1	15000	15000	0	0

Таблиця 2.31

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. Вузел	Кінц. Вузел	Верх. Зд.	Ниж. Зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	6200
2	1	3	5600	0	0	5600
3	1	4	2200	0	0	2200
4	1	5	1000	0	0	1000
5	2	6	9999	0	58	2700
6	2	7	9999	0	65	0
7	2	8	9999	0	63	200
8	2	9	9999	0	54	3300
9	3	6	9999	0	60	0
10	3	7	9999	0	55	0
11	3	8	9999	0	56	5600
12	3	9	9999	0	59	0
13	4	6	9999	0	78	0
14	4	7	9999	0	60	2200
15	4	8	9999	0	70	0
16	4	9	9999	0	66	0
17	5	6	9999	0	9999	0
18	5	7	9999	0	60	300
19	5	8	9999	0	70	700
20	5	9	9999	0	66	0
21	6	10	2700	0	0	2700
22	7	10	2500	0	0	2500

Продовження таблиці 2.31

23	8	10	6500	0	0	6500
24	9	10	3300	0	0	3300
25	10	1	15000	15000	0	15000

Таблиця 2.32

Значення P_i :

№ вузла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_i	0	7	14	0	0	65	60	70	61	70

Цільова функція: 860000

Розшифровка отриманих результатів в програмі "ПОТІК" із застосуванням АВД наведена в таблиці 2.33.

Таблиця 2.33

Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

Постачальник и, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A1	6200	58 2700	65	63 200	54 3300
A2	5600	60	55	56 5600	59
A ₃ '	2200	78	60 2200	70	66
A ₄ "	1000	M	60 300	70 700	66
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Введемо в умову завдання додаткове обмеження типу (2.22). Припустимо, що пропускна спроможність транспортного шляху, що сполучає постачальника A1 із споживачем B1 обмежена, і по ньому в планованому періоді можна перевезти не більше 3200 тис.м³ залізобетонних конструкцій. Тоді в оптимальному рішенні значення змінної x_{11} повинне задовольняти умові:

$$0 \leq x_{11} \leq 3200$$

Припустимо, що по інших транспортних зв'язках обмежень немає. Відповідно до викладеної вище методики побудована матриця (табл. 2.34). Подальший розрахунок може бути виконаний за допомогою будь-якого транспортного алгоритму.

Таблиця 2.34

Введення обмеження пропускної спроможності

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		В1	В2	В3	В4
A ₁	3200	58	65	63	54
A ₂	3000	М	65	63	54
A3	5600	60	55	56	59
A4	3200	78	60	70	66
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Проведемо розрахунок за допомогою АВД. Вихідні дані зведемо в таблицю 2.35.

Результати розрахунків приведені в таблиця 2.36 та 2.37:

Таблиця 2.35

Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	3200	0	0	0
2	1	3	3000	0	0	0
3	1	4	5600	0	0	0
4	1	5	3200	0	0	0
5	2	6	9999	0	58	0
6	2	7	9999	0	65	0
7	2	8	9999	0	63	0
8	2	9	9999	0	54	0
9	3	6	9999	0	9999	0
10	3	7	9999	0	65	0
11	3	8	9999	0	63	0
12	3	9	9999	0	54	0
13	4	6	9999	0	60	0
14	4	7	9999	0	55	0
15	4	8	9999	0	56	0
16	4	9	9999	0	59	0
17	5	6	9999	0	78	0
18	5	7	9999	0	60	0
19	5	8	9999	0	70	0
20	5	9	9999	0	66	0
21	6	10	2700	0	0	0
22	7	10	2500	0	0	0
23	8	10	6500	0	0	0
24	9	10	3300	0	0	0
25	10	1	15000	15000	0	0

Таблиця 2.36

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	3200	0	0	3200
2	1	3	3000	0	0	3000
3	1	4	5600	0	0	5600
4	1	5	3200	0	0	3200
5	2	6	9999	0	58	2700
6	2	7	9999	0	65	0
7	2	8	9999	0	63	0
8	2	9	9999	0	54	500
9	3	6	9999	0	9999	0
10	3	7	9999	0	65	0
11	3	8	9999	0	63	200
12	3	9	9999	0	54	2800
13	4	6	9999	0	60	0
14	4	7	9999	0	55	0
15	4	8	9999	0	56	5600
16	4	9	9999	0	59	0
17	5	6	9999	0	78	0
18	5	7	9999	0	60	2500
19	5	8	9999	0	70	700
20	5	9	9999	0	66	0
21	6	10	2700	0	0	2700
22	7	10	2500	0	0	2500
23	8	10	6500	0	0	6500
24	9	10	3300	0	0	3300
25	10	1	15000	15000	0	15000

Таблиця 2.37

Вузлові числа

№ вузла	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pi	0	7	7	14	0	65	60	70	61	70

Цільова функція: 860000

Розшифровка результату отриманого в програмі "ПОТІК" із застосуванням АВД наведена в таблиці 3.38.

Таблиця 2.38

Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A ₁	3200	⁵⁸ 2700	⁶⁵	⁶³	⁵⁴ 500
A ₂	3000	^М	⁶⁵	⁶³ 200	⁵⁴ 2800
A ₃	5600	⁶⁰	⁵⁵	⁵⁶ 5600	⁵⁹
A ₄	3200	⁷⁸	⁶⁰ 2500	⁷⁰ 700	⁶⁶
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Обмеження дамо по декількох постачальниках одночасно:

1) Введемо в умову завдання додаткове обмеження типу (2.22). Припустимо, що пропускна спроможність транспортного шляху, що сполучає постачальника A₁ із споживачем B1 обмежена, і по ньому в планованому періоді можна перевезти не більше 3200 тис.м³ залізобетону. Тоді в оптимальному рішенні значення змінної x_{11} повинне задовольняти умові:

$$0 \leq x_{11} \leq 3000$$

Припустимо, що пропускна спроможність транспортного шляху, що сполучає постачальника A₃ із споживачем B1 обмежена, і по ньому в планованому періоді можна перевезти не більше 2200 тис.м³ залізобетону. Тоді в оптимальному рішенні значення змінної x_{31} повинне задовольняти умові:

$$0 \leq x_{11} \leq 2200$$

По інших транспортних зв'язках обмежень немає. У відповідності побудована матриця (таблиця 2.39). Подальший розрахунок може бути виконаний за допомогою будь-якого транспортного алгоритму.

Таблиця 2.39

Введення обмеження пропускної спроможності

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		В1	В2	В3	В4
A ₁ '	3200	58	65	63	54
A ₂ "	3000	М	65	63	54
A ₃	5600	60	55	56	59
A ₄ '	2200	78	60	70	66
A ₅ "	1000	М	60	70	66
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Проведемо розрахунок за допомогою АВД. Вихідні дані зведемо в таблицю 2.40.

Результати розрахунків приведені в таблиця 2.41 та 2.42:

Таблиця 2.40

Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	3200	0	0	0
2	1	3	3000	0	0	0
3	1	4	5600	0	0	0
4	1	5	2200	0	0	0
5	1	6	1000	0	0	0
6	2	7	9999	0	58	0
7	2	8	9999	0	65	0
8	2	9	9999	0	63	0
9	2	10	9999	0	54	0
10	3	7	9999	0	9999	0
11	3	8	9999	0	65	0
12	3	9	9999	0	63	0
13	3	10	9999	0	54	0
14	4	7	9999	0	60	0
15	4	8	9999	0	55	0
16	4	9	9999	0	56	0
17	4	10	9999	0	59	0
18	5	7	9999	0	78	0

Продовження таблиці 2.40

19	5	8	9999	0	60	0
20	5	9	9999	0	70	0
21	5	10	9999	0	66	0
22	6	7	9999	0	9999	0
23	6	8	9999	0	60	0
24	6	9	9999	0	70	0
25	6	10	9999	0	66	0
26	7	11	2700	0	0	0
27	8	11	2500	0	0	0
28	9	11	6500	0	0	0
29	10	11	3300	0	0	0
30	11	1	15000	15000	0	0

Таблиця 2.41

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	3200	0	0	3200
2	1	3	3000	0	0	3000
3	1	4	5600	0	0	5600
4	1	5	2200	0	0	2200
5	1	6	1000	0	0	1000
6	2	7	9999	0	58	2700
7	2	8	9999	0	65	0
8	2	9	9999	0	63	0
9	2	10	9999	0	54	500
10	3	7	9999	0	9999	0
11	3	8	9999	0	65	0
12	3	9	9999	0	63	200
13	3	10	9999	0	54	2800
14	4	7	9999	0	60	0
15	4	8	9999	0	55	0
16	4	9	9999	0	56	5600
17	4	10	9999	0	59	0
18	5	7	9999	0	78	0
19	5	8	9999	0	60	2200
20	5	9	9999	0	70	0
21	5	10	9999	0	66	0
22	6	7	9999	0	9999	0
23	6	8	9999	0	60	300
24	6	9	9999	0	70	700
25	6	10	9999	0	66	0
26	7	11	2700	0	0	2700
27	8	11	2500	0	0	2500
28	9	11	6500	0	0	6500
29	10	11	3300	0	0	3300
30	11	1	15000	15000	0	15000

Таблиця 2.42

Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	0
2	7
3	7
4	14
5	0
6	0
7	65
8	60
9	70
10	61
11	70

Цільова функція: 860000

Розшифровка результату отриманого в програмі "ПОТІК" із застосуванням АВД наведена в таблиці 2.43.

Таблиця 2.43

Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A ₁ '	3200	58 2700	65	63	54 500
A ₂ "	3000	M	65	63	54 2800
A ₃	5600	60	55	56	59 5600
A ₄ '	2200	78	60	70	66 2200
A ₅ "	1000	M	60	70	66 300
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Таке завдання із застосуванням алгоритму виключення дефекту вирішується вперше.

Оптимальне рішення представлено у вигляді моделі «можливості-обмеження-комунікації» будівельної логістики (рис. 2.11).

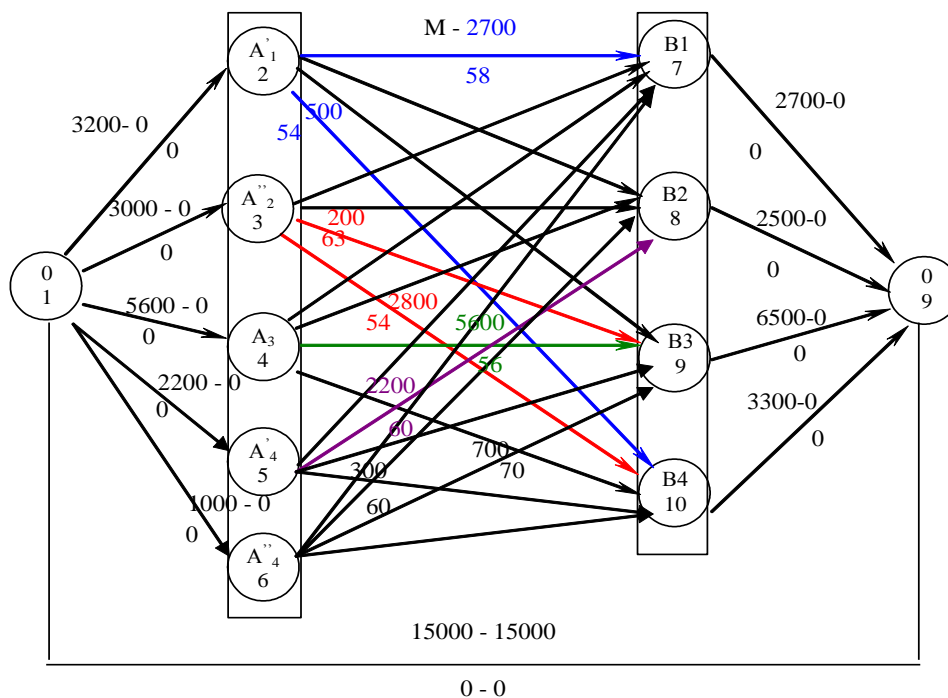


Рис. 2.11 - Оптимальний розподіл матеріального потоку БР

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто єдиний об'єкт «Будівельна логістика», який має багато різних аспектів, що становлять логістичну систему постачання, виробництва і збуту. Доведено що застосування поняття системи дозволяє цілісно вивчати різні аспекти єдиного логістичного об'єкту (наприклад тільки систему постачання, або тільки систему виробництва). При необхідності розглянути складний логістичний об'єкт як загальну систему, в якій виділені системи відповідно до різних аспектів об'єкту, ці системи можна представити як підсистеми загальної логістичної системи будівельної логістики.

2. В результаті виконаного дослідження системного підходу, який є основою розробки оптимальної моделі «постачальник-витрати» у складі підготовки виробництва. Науково-технічний рівень досліджень в порівнянні з аналогами і традиційними підходами відрізняється новизною, зв'язаною з урахуванням міжсистемних зв'язків в підході формування структури моделі, що охоплює питання постачання сировини, її транспортні умови, об'єми продукції, її розподіли по споживачах.

3. Розглядаючи логістичну систему БЛ як складну систему, що реалізовує принципи управління матеріальними і інформаційними потоками, мається на увазі, що логістичні системи функціонують як деякі організаційні бізнес-одиниці, управління об'єктами і процесами в яких будується на принципах загальної теорії управління.

4. Застосування теорії систем до процесу управління БЛ дозволяє вивчати організацію як єдність складових її частин (цілей, структури, завдань, технології, ресурсів), що поєднуються із зовнішнім середовищем (макросередовищем).

5. Актуальним є вперше розроблено клас математично-логістичних моделей у вигляді: моделі «постачальник-витрати», що забезпечує оптимальний пошук найбільш ефективного варіанту забезпечення будівельних організацій необхідними потоками ресурсів за умови мінімізації витрат через встановлення спеціалізованих оптимізаційних взаємозв'язків між постачальниками та споживачами будівельних ресурсів, з обов'язковим дотриманням договірних умови постачання та аналітичною і інформаційною оцінкою постачальників та модель «можливості-обмеження-комунікації», що забезпечує процес управління рухом матеріально-ресурсного потоку для планування будівельного виробництва з обов'язковим врахуванням транспортних шляхів і засобів.

6. Аналіз проведених досліджень показав, що найповніше по завдання управління постачаннями і забезпечення будівельного виробництва відповідає використання моделей «постачальник-витрати». На їх основі можливо відобразити в єдиній моделі і взаємозв'язку весь комплекс варіантів виконання постачань, провести їх інформаційний опис, відповідно встановленим критеріям, здійснити пошук найбільш ефективного варіанту. Особливість цих моделей полягає в тому, що вони ефективно застосовуються не тільки в процесі розробки забезпечення, але і в ході його виконання і супровідного матеріального потоку, і його постачання. Модель універсальна, вона не допускає якого-небудь певного змісту планованих робіт.

Перелік використаної літератури у розділі 2

1. Аникин Б.А. Практикум по логистике: учеб. пособие.-2-изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М. 2006. 276 с.
2. Автоматизированные системы управления строительством / [Галкин И.Г., Бевз С.П., Клевакин Ю.Г. и др.]; под ред. И.Г. Галкина. Москва: Высш. Школа. 2002. 228 с.
3. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях/ Нечепуренко М.И., Попков В.К., Майнагашев С.М. Новосибирск: Наука, Сиб. Отделение. 1998. 515 с.
4. Алесинская Т.В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления. Таганрог: ТТИ ЮФУ. 2010. 116 с.
5. Афанасенко И.Д. Логистика снабжения. Санкт Петербург: Питер, 2010. 386 с.
6. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети: пер. с англ. Москва: Наука. 1974. 368 с.
7. Билецкий О.Б. Организационно-технологические основы АСУ в строительстве. Киев: Будівельник. 1983. 120 с.
8. Большакова И.В. Линейное программирование: учеб.-метод. пособие. Минск.: БНТУ, 2004. 148 с.
9. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике: выбор в условиях неопределенности. Москва.: Академия. 2010. 150 с.
10. Бушуев С.Д., Михайлов В.С., Лямка С.Д. Автоматизирование системы управления строительством. Киев: Будівельник. 1989. 254 с.
11. Воркут Т.А. Наукові основи управління логістичними системами в проектах розвитку ланцюгів постачань: Дис. д-ра наук: 05.13.22. 2007. 473 с.
12. Волкова В.Н., Емельянова А.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: учеб. пособие. Москва: Финансы и статистика. 2006. 848 с.

13. Виробнича база будівництва. Навчально-методичний посібник / Укл.: І.Д. Павлов, І.А. Арутюнян, М.Д. Терех, Ф.І. Павлов. Запоріжжя: ЗДІА. 2009. 240 с.
14. Гаджинский, А. М. Логистика: учебник для высших учебных заведений по направлению подготовки "Экономика". Москва: Дашков и К°, 2013. 420 с.
15. Герасимов Б.И., Жариков В.В., Жариков В.Д. Основы логистики. Москва: ИНФРА-М. 2010. 304 с.
16. Григорьева И.В. Проблемы снижения затрат на организацию ресурсного обеспечения инвестиционно-строительного комплекса региона: логистический подход. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. Проблемы современной экономики. 2005. № 3/4 (15/16).
17. Дадиверина Л.Н., Шостак Р.С. Основы логистики в организации производства: учебное пособие. Днепропетровск: Пороги. 2012. 166 с.
18. Данциг Дж., Фалкерсон Д.Р. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе в сетях. В кн.: Линейные неравенства и смежные вопросы: пер. с англ./ Под ред. Л.В. Канторовича и В.В. Новожилова. Москва: ИЛ. 1969. С. 318–324.
19. Дикман Л.Г. Организация строительного производства: Учеб. Для строит. вузов. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. 608 с.
20. Денисенко М.П., Левковець П.Р., Михайлова Л.І. та ін. Організація та проектування логістичних систем: підручник. Київ: Цент учбової літератури. 2010. 336 с.
21. Ефименко А.З. Управление запасами сырьевых материалов и их оптимизация на предприятиях стройиндустрии / Экономика строительства. 2005. №10.
22. Жаворонков Е. П. Логистика в строительстве: учеб. пособие. Новосибирск. 2010. 214 с.

23. Иванов Д. А. Управление цепями поставок. Санкт Петербург. Издательство Политехнического университета. 2010. 659 с.
24. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: (теория, методология, организация) / И. А. Еловой, И. А. Лебедева. – Минск: Право и экономика. 2011. 460 с.
25. Кирнос В.М., Залунин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства. Днепропетровск: «Пороги». 2005. 309 с.
26. Курочкин, Д. В. Логистика: [транспортная, закупочная, производственная, распределительная, складирования, информационная]: курс лекций. Минск: ФУАинформ. 2012. 268 с.
27. Коробов П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов. Санкт-Петербург. 2012. 363 с.
28. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования и их применение. Москва. Прогресс. 1968. 180 с.
29. Логістика: навч. посіб. / О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко. Київ. Знання. 2008. 566 с.
30. Логистическая организация капитального строительства. / Под ред. Проф. В.Н. Стаханова. Ростов-на-Дону: РГСУ. 1998. 256 с.
31. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах: пер. с англ./ Под ред. Е.К. Масловского. Москва: Мир. 1981. 323с.
32. Неруш, Ю. М. Логистика: учебник. Москва: Проспект. 2011. 517 с.
33. Нефьодов Л., Маркозов Д. Багатокритеріальна математична модель вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора / Східно-Європейський журнал передових технологій. 2012. Т. 1, № 2(55). С. 45-51.
34. Николайчук В.Е., Кузнецов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция). Донецк. 2009. 412 с.
35. Оберемок І.І. Данченко О.Б. Нові підходи до використання програмного продукту Microsoft Project для планування проекту

- розробки програмного забезпечення / Управління проектами і розвиток виробництва: зб. наук. пр. Східноукраїнського нац. ун-та ім. В. Даля. 2003. №3(8). С. 30-33.
36. Организация и планирование строительного производства: учеб. для вузов по спец. ПГС /А.К. Шрейбер Л.И. Абрамов, А.А. Гусаков и др.; Под ред. А.К. Шрейбера. Москва: Высш. шк., 1987. 368 с.
37. Организация, экономика и управление строительством: Учеб. пособие для вузов /Т.Н. Цай, Л.Н. Лаврецкий, А.Е. Лейбман, Г.К. Романова; Под ред. Т.Н.Цая. Москва: Наука, Главная ред.физ.-матем. лит.-ры, 1980. 367 с.
- 38.Оре О. Теория графов. 2-е изд. – М.: Наука. 1980. 336 с.
- 39.Основы логистики. Учебное пособие / Под ред. Миротина Л.Б., Сергеева В.И. Москва.: ИНФРА-М. 1999. 204 с.
- 40.Основы современной системотехники /Под общей ред. М. Рабина. – Москва: Мир. 316 с.
- 41.Павлов И.Д. Модели управления проектами: учеб. пособие / И.Д. Павлов, А.В. Радкевич. Запорожье: ГУ «ЗИГМУ». 2004. 320 с.
- 42.Проблемы демассофикации в строительстве / [В. Большаков, Г. Демин, Ю. Креймер, В. Малый] // Теоретические основы строительства. – Варшава. 2012. № 10. Т.2. С. 585-590.
- 43.Радкевич А.В., Павлов І.Д. Багатоцільові моделі організації капітального відновлення об'єктів: Монографія. Дніпропетровськ. 2003. 225с.
- 44.Расчет и оптимизация поточных методов организации строительства: учеб. пособие / В.А. Афанасьев и др. Ленингр. ИСИ. 2000. 113 с.
- 45.Родина Т.А. Информационная логистика. Москва: «Экзамен». 2001. 288 с.
- 46.Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK). – Project Management Institute, Four Campus Boulevard,

- Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA / США: пер. с англ. 3-е изд. 2014. 389 с.
- 47.Руководство по управлению инновационными проектами и программами / пер. на рус. язык под ред. С.Д. Бушуева. Киев.: Науковий світ. 2010. Т. 2. версия 1.2. 173 с.
- 48.Сергеев В.И. Логистика в бизнесе: Учебник.- Москва: ИНФРА. 2001. 606 с.
- 49.Сетевое планирование и управление / Под ред. Д.И. Голенко, В.В. Кириллова. Москва: Экономика, 1967. 397 с.
- 50.Семененко А.И., Сергеев В.И. Логистика основы теории. Санкт-Петербург.: Издательство «Союз». 2010. 544 с.
- 51.Скоробогатова Т.Н. Логистика: учебник. Симферополь: ДиАйПи, 2011. 116 с..
- 52.Смирнов К.Л. Нормирование и рациональное использование материальных ресурсов: учебное пособие. Москва: Высшая школа. 1990. 384 с.
- 53.Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети /Пер. с англ., науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. Москва: Издательство ЛКИ. 2008. 360 с.
- 54.Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий/ перев. с англ. Р.Г. Вачнадзе. Москва: «Радио и связь» 1993. 278 с.
- 55.Стаханов В.Н., Ивакин Е.К Логистика в строительстве: учебное пособие. Москва: «Изд. Приор». 2001. 176 с.
56. Смиричинський А. Логістичний менеджмент у будівництві: Монографія . Тернопіль «ЗБРУЧ». 2006. 262 с.
- 57.Степанов В.И. Логистика: Учебное пособие. Москва: Проспект, 2010. – 487 с.
- 58.Транспортная логистика: учебно-методическое пособие / Р. Б. Ивуть, Т. Р. Кисель. Минск: БНТУ. 2012. 377 с.

- 59.Троелсен Э.С. Язык программирования и платформа NET. Библиотека программиста. Санкт-Петербург: Питер. 2010. 796 с.
- 60.Тян Р.Б., Чернышук Н.М. Организация производства: уч. пособие. Днепро-вск: Наука і освіта. 1999. 264 с.
- 61.Управління логістичними системами. Навчальний посібник МОНУ/В.П. Волков, О.М. Пшінько, І.Д. Павлов, І.А. Арутюнян. Запоріжжя: Запорізький національний університет. 2012. 259 с.
- 62.Управление закупками и поставками: учебное пособие для высших учебных заведений / Майкл Линдерс [и др.]. Москва: ЮНИТИ-ДАНА. 2012. 723 с.
- 63.Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М. та ін. Організація будівництва. Київ: Кондор. 2007. 521 с.
- 64.Федосеев В.В., Гармаш А.Н., Дайитбегов Д.М. и др Экономико-математические методы и прикладные модели: учебно-методическое пособие для вузов,. Москва: ЮНИТИ. 2012. 391 с.
- 65.Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей /Пер. с англ. Москва: Мир. 1984. 496 с.
- 66.Форд Л.Р., Фалкерсон Д. Потоки в сетях /Пер. с англ. И.А. Вайнштейна. Москва: Мир. 1966. 276 с.
- 67.Френк Г., Фриш И. Сети, связь и потоки./ Пер. с англ.: под ред. Д.А. Поспелова. Москва: Связь. 1978. 448 с.

Перелік публікацій по результатам досліджень у розділі 2

- 68.Арутюнян И.А. Инновационные подходы на основе систематизации развития строительного комплекса. / Арутюнян И.А. // Региональная архитектура и строительство. Научно-технический журнал Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. №1(15). 2013. С.167-173.
- 69.Арутюнян И.А. Управление программами развития строительного комплекса на основе логистических подходов./ Арутюнян И.А.//

Науковий вісник будівництва. Зб. наук. праць. Вип. 71. Харків.: ХНУБА, ХОТВ АБУ. 2013 С. 508-512.

70. Арутюнян І.А. Организация строительного производства на базе современных подходов. /Арутюнян І.А.// Містбудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник. Вип.47. Київ, КНУБА, 2013. С. 67-74.
71. Арутюнян І.А. Роль логістики в програмах розвитку будівельного комплексу./ А.В. Радкевич, І.А. Арутюнян// Вісник донбаської національної академії будівництва і архітектури. Випуск 2012-6(98). Макіївка. С. 160-165.
72. Арутюнян І.А. Концептуальні основи управління логістичними системами в програмах розвитку будівельного комплексу. /І.А. Арутюнян. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник // Відпов. Ред.. М.М. Осетрін.. Київ, КНУБА, 2012. Вип. 46. С. 21-28.
73. Арутюнян И.А. Системотехнические проблемы планирования и развития производственных систем управления. / Павлов И.Д., Арутюнян И.А., Павлов Ф.И.// Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпропетровськ: ПДАБА. 2012. №11. С.40-51.