

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

А. А. БОБРАКОВ, Д. С. ІВАНЕНКО, О. С. ОМЕЛЬЧЕНКО

**ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ
ПЕРЕБУДОВОЮ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ
НА ОСНОВІ СТРАТЕГІЙ РЕСУРСНО-
ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Монографія



**Запоріжжя
СТАТУС
2026**

УДК 9.057:658.5+658.513.4
О-62

Рекомендовано до видання Вченою радою
Національного університета «Запорізька політехніка»,
протокол № 5 від 02.12.2025 р.

Рецензенти:

Олексій Тугай, завідувач кафедри організації та управління будівництвом, Київський національний університет будівництва та архітектури, доктор технічних наук, професор;

Ігор Шумаков, завідувач кафедри технології та організації будівельного виробництва Навчально-наукового інституту будівництва та цивільної інженерії ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, доктор технічних наук, професор.

О-62 Оптимізація управління перебудовою виробничих об'єктів на основі стратегій ресурсно-логістичного забезпечення : монографія / А. А. Бобраков, Д. С. Іваненко, О. С. Омельченко. — Запоріжжя : СТАТУС, НУ «Запорізька політехніка», 2026. — 148 с.
ISBN 978-617-8604-11-0

У монографії викладено методологічні підходи до оптимізації управління перебудовою промислових об'єктів через розробку та вдосконалення логістичних моделей планування ресурсів і графіків робіт для адаптивного керування будівельним виробництвом.

© А. А. Бобраков, 2026

© Д. С. Іваненко, 2026

© О. С. Омельченко, 2026

ISBN 978-617-8604-11-0

© НУ «Запорізька політехніка», 2026

ЗМІСТ

С.	
5	Вступ
10	Розділ 1. Аналітичний огляд науково-технічної літератури та предмету дослідження
10	1.1 Організаційно-функціональна взаємодія завдань, управлінських рішень і проблем ресурсного забезпечення будівельних проєктів
22	1.2 Аналіз наукових підходів до формування та еволюції логістичних систем у будівництві
34	1.3 Комплексна оцінка стану організаційно-технологічних механізмів календарно-ресурсного забезпечення проєктів реконструкції та нового будівництва в умовах підвищеної невизначеності
48	Розділ 2. Методологічні засади логістичного менеджменту в процесах календарного планування будівництва
48	2.1 Структурно-логічна концепція дослідження: об'єктно-предметний аналіз, стратегічна мета та комплекс дослідницьких завдань
51	2.2 Організаційно-методичне забезпечення проведення дослідження
61	2.3 Інструментарій дослідження логістичних рішень у системах ресурсно-календарного забезпечення
70	2.4 Теорія побудови моделей ресурсно-календарного забезпечення проєктів перебудови виробничих об'єктів... ..
75	Розділ 3. Засоби підвищення ефективності логістичних рішень у процесі календарно-ресурсного планування будівельного виробництва
75	3.1 Оптимізація методик оцінювання показників логістичних рішень на етапі організації будівництва.....
79	3.2 Методика розрахунку параметрів РКЗ для перебудови виробничих споруд з урахуванням логістичних та матеріалознавчих чинників

3.3 Оптимізаційна модель параметрів логістичних рішень у системі РКЗ для об'єктів промислової реконструкції	81
3.4 Адаптивне управління матеріальними потоками в логістичних системах з просторовими обмеженнями	85
Розділ 4. Формування адаптивної системи управління ресурсним забезпеченням будівельних проектів	96
4.1 Застосування адаптивних інструментів оптимізації логістичних рішень у системі РКЗ будівельного виробництва та моніторингу БМР	96
4.2 Формування обчислювально-аналітичної платформи моделювання параметрів удосконаленої системи РКЗ перебудови будівель	108
Висновки	123
Перелік джерел посилання	125

ВСТУП

Будівельна галузь відзначає фазу суттєвих змін, зумовлених як економічними коливаннями, так і технологічним прогресом. У таких умовах ефективне управління ресурсами та координація процесів стають вирішальними у контексті підвищення конкурентоспроможності в умовах невизначеності. Особливу роль в цьому напрямі відіграє логістичний менеджмент у системі ресурсно-календарного забезпечення, який відповідає за гармонійне поєднання матеріальних потоків, фінансових ресурсів і часових рамок. Тому актуальним є питання пошуку нових шляхів підвищення продуктивності будівельних організацій, що займаються перебудовою виробничих об'єктів, через переосмислення логістичних підходів та оптимізацію ресурсозабезпечення.

Потреба в таких змінах пояснюється не лише ускладненням умов на ринку, але й необхідністю адаптації до інноваційних технологій, які поступово витісняють застарілі методи роботи. Саме тому акцент зміщений на удосконалення сучасних стратегій, які б допомагали підприємствам будівельної сфери залишатися конкурентоспроможними, зменшувати витрати на управління ланцюгами постачань та оперативно реагувати на нові виклики.

У процесі перебудови виробничих будівель логістичний менеджмент потребує глибокої трансформації, адже традиційні моделі вже не відповідають сучасним реаліям. Раніше основна увага приділялася чіткому розмежуванню етапів планування постачання й оптимізації транспортних операцій. Натомість сьогодні ці процеси зливаються в єдину систему завдяки впровадженню цифрових інструментів.

Координованість ресурсно-календарного забезпечення, логістичних процесів і виробничої діяльності будівельного підприємства має визначальний вплив на ефективність виконання будівельних робіт, оптимізацію собівартості

продукції та дотримання встановлених термінів реалізації проєктів.

В умовах сьогодення будівельна галузь потребує гнучкості та адаптивності, оскільки традиційні логістичні моделі часто не враховують унікальність кожного проєкту, залишаючи необхідність створення системного підходу, який поєднує організаційні та технологічні аспекти, дозволяючи оптимізувати процеси на всіх етапах: від планування до завершення проєкту.

Система ресурсно-календарного забезпечення (РКЗ) є багатогранною структурою, котра має дві основні особливості:

1. Інжинірингова перспектива.

Аспект охоплює інформаційно-керуючі системи, які забезпечують контроль над ресурсами та обладнанням: оптимізація роботи транспортного парку, використання цифрових інструментів для моніторингу та прогнозування потреб у реальному часі.

2. Організаційно-управлінська перспектива.

Акцент робиться на плануванні матеріальних потоків, врахуванні організаційно-технологічних взаємозв'язків і створенні гнучких стратегій управління, здатних адаптуватися до змін.

Тому специфіка будівельних проєктів вимагає від систем РКЗ максимальної гнучкості. Традиційні підходи, які розділяють організаційні та технологічні аспекти, поступаються місцем інтегрованим рішенням. Наприклад, замість статичного планування постачання пропонуються динамічні моделі, які адаптуються до змін у реальному часі. Такі моделі враховують:

- техногенні фактори: вплив аварій чи непередбачених зупинок робіт.

- невизначеність: коливання в доступності ресурсів чи зміна термінів виконання.

В свою чергу, ефективне управління ресурсами в будівництві вимагає міцної основи, яка враховує принципи інтегрованих логістичних систем, управління запасами та оперативне постачання. Оновлення методології стає необхідним для пошуку раціональних рішень у системі РКЗ, що адаптуються до сучасних умов будівельної галузі.

У монографії представлено вдосконалені та нові моделі організації РКЗ для проектів перебудови та будівництва виробничих об'єктів, що враховують вплив техногенних факторів і невизначеність організаційно-управлінських параметрів, оптимізуючи процеси в умовах складних проектів.

Наведені рішення базуються на прогностичній аналітиці та машинному навчанні, що дозволяє передбачати потенційні збої та оперативно коригувати плани.

Для забезпечення достовірності та наукової обґрунтованості дослідження було використано низку методів і моделей, які відповідали його цілям і задачам. Зокрема, застосовано метод аналізу та узагальнення для формулювання актуальності теми, визначення меж дослідження, обґрунтування наукової гіпотези, а також встановлення мети й конкретних задач.

Статистичний аналіз допоміг виявити ключові будівельно-технологічні та організаційні характеристики, що впливають на ефективність логістичних процесів. **Систематизація та узагальнення** дозволили оцінити сучасні практики управління логістичними рішеннями в системі (РКЗ), а також їхній зв'язок із організаційно-технологічними моделями планування матеріальних потоків.

Теоретичну та методологічну основу роботи склали праці вітчизняних і зарубіжних учених у таких дисциплінах, як організація будівництва, оптимальне програмування, моделювання процесів, теорія управління проектами та прийняття управлінських рішень. Ці напрацювання доповнено методами сітьового планування та проектного аналізу, що

забезпечило комплексний підхід до вирішення поставлених завдань.

Інформаційною базою дослідження стали нормативно-правові акти, які регулюють діяльність будівельної галузі, а також практичні дані, отримані з організаційно-технологічних рішень у будівництві.

Практичне значення дослідження полягає у формуванні нових та удосконаленні існуючих моделей логістичного обґрунтування в межах системи ресурсно-календарного забезпечення. Моделі об'єднано в єдину методикою, яка була реалізована через створення окремих програмних продуктів і комплексного прикладного програмного забезпечення.

Впровадження цих розробок у діяльність будівельних організацій сприяє підвищенню ефективності управління проектами, зниженню витрат і адаптації до складних умов реалізації будівельних робіт.

Монографія складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі подано огляд наукових джерел щодо стану та тенденцій розвитку логістичних систем у будівельному виробництві, а також проаналізовано поточний стан організаційно-технологічних систем ресурсно-календарного забезпечення проєктів перебудови та нового будівництва в умовах невизначеності.

Другий розділ присвячено методологічним засадам дослідження логістичних рішень у системі ресурсно-календарного забезпечення будівельного виробництва.

У третьому розділі розглянуто практичні інструменти вдосконалення логістичних рішень у контексті ресурсно-календарного забезпечення будівельних процесів. Четвертий розділ містить опис побудови інтегрованої системи аналізу ресурсного забезпечення будівельних проєктів, що поєднує підходи логістичного і календарного планування.

Представлена монографія є результатом ґрунтовних досліджень, проведених авторським колективом, і присвячена ключовим аспектам удосконалення логістичних рішень у системі забезпечення ресурсами будівельних проєктів. У роботі висвітлено питання підвищення ефективності управління матеріальними та інформаційними потоками, оптимізації організаційно-технологічних процесів, а також адаптації логістичних систем до умов невизначеності та впливу техногенних факторів у проєктах перебудови, реконструкції та будівництва виробничих об'єктів. Особливу увагу приділено розробці нових моделей РКЗ, їх інтеграції в єдину методикау та практичному впровадженню через програмні продукти.

Автори висловлюють щиру подяку рецензентам: докт. техн. наук, професору Олексію Тугаю, докт. техн. наук, професору Ігорю Шумакову.

*З повагою,
кандидат технічних наук, доцент,
БОБРАКОВ Анатолій Анатолійович,
аспірант,
ІВАНЕНКО Дмитро Сергійович,
старший викладач,
ОМЕЛЬЧЕНКО Ольга Станіславівна.*

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Організаційно-функціональна взаємодія завдань, управлінських рішень і проблем ресурсного забезпечення будівельних проєктів

У процесі календарного планування робіт будівельного проєкту визначаються потреби в ресурсах, які описуються у вигляді відповідних функцій. Потреба окремої роботи в складованому ресурсі може бути подана функцією інтенсивності витрат, що відображає швидкість споживання ресурсу залежно від фази виконання роботи, або функцією накопичених витрат, яка характеризує загальний обсяг ресурсу, необхідного на певному етапі реалізації.

Окрім функцій потреби, що відображають ресурсні вимоги окремих робіт, доцільно також враховувати функції наявності ресурсів, які подаються за аналогією, однак з важливою відмінністю: аргументом функцій наявності є час реалізації проєкту загалом, а не фаза конкретної роботи.

Для перевірки ресурсної реалізованості календарного плану необхідно здійснити порівняння функцій потреби та функцій наявності ресурсів у межах усього проєкту. Таке співставлення дозволяє оцінити збалансованість графіка виконання робіт з огляду на реальні можливості забезпечення ресурсами.

Управління ресурсами є однією з базових підсистем у реалізації будівельних проєктів, що охоплює процеси планування, визначення графіків постачання, розподілу, обліку та контролю матеріально-технічних ресурсів й робочої сили [23, 56, 59, 101]. Фінансові ресурси при цьому розглядаються в рамках більш загальної підсистеми – управління вартістю проєкту [56, 110].

Згідно з сучасною методологією управління будівельною діяльністю, ресурсне забезпечення включає не лише матеріали та трудові ресурси, а й фінанси, час, інформацію, знання та технології – всі ці компоненти формують взаємопов'язану систему, спрямовану на досягнення цільових параметрів реалізації будівельно-монтажних робіт (БМР). Основним завданням є оптимізоване використання ресурсів для досягнення запланованого результату з урахуванням вартості, строків і якості.

У галузі будівництва, крім основних типів ресурсів, виділяють також природні, сировинні, енергетичні ресурси, засоби виробництва (включаючи виробничі потужності та предмети праці), трудові ресурси різних професійних категорій, інформаційні ресурси (що охоплюють науково-технічний потенціал), а також фінансові інструменти – капітальні вкладення, кредити тощо.

У межах монографії основну увагу зосереджено на двох взаємозалежних групах ресурсів:

1) **Матеріально-технічні ресурси** – матеріали, конструкції, комплектуючі, паливо, енергоресурси, а також машини, механізми й обладнання, необхідні для виконання БМР;

2) **Трудові ресурси** – фахівці, які безпосередньо задіяні у виконанні робіт з використанням матеріально-технічних засобів (будівельники, машиністи, монтажники тощо).

Категорія ресурсів у будівництві тісно пов'язана з поняттям роботи, оскільки ресурсне забезпечення завжди конкретизується через заплановані види робіт, що реалізуються згідно з календарним планом проєкту [4, 96].

Управління матеріальними ресурсами розпочинається ще на передінвестиційному етапі, під час формування техніко-економічного обґрунтування, а на стадії планування відбувається деталізація потреб та визначення механізмів їх покриття [85, 106, 122].

У будівельному виробництві ресурси на будь-якому етапі реалізації проекту мають обмежений характер, що зумовлює необхідність комплексного управлінського підходу. Серед пріоритетних функцій управління варто виокремити: раціональне планування ресурсного забезпечення, а також координацію процесів матеріально-технічного обслуговування – зокрема, процедур закупівель, логістики постачання, формування й підтримки запасів, а також розподілу ресурсів за видами будівельно-монтажних робіт [164].

Аналіз ресурсного забезпечення у межах будівництва, реконструкції та модернізації виробничих об'єктів дозволив розробити відповідну організаційно-функціональну модель, представлення якої наведено на рисунку 1.1.

Управлінські процеси, що реалізуються в межах проєктів перебудови будівель і споруд виробничого призначення (ППБС ВП), зберігають загальну логіку ресурсного підходу – охоплюючи закупівлі, постачання, перерозподіл та регулювання запасів на різних стадіях виконання робіт.

Регулювання обсягів і доступності ресурсних запасів на різних етапах виконання будівельно-монтажних робіт є важливою складовою загальної системи управління ресурсами. Особливу роль у цьому процесі відіграють закупівлі, які виступають ключовим механізмом формування ресурсної бази проєкту [56, 135, 146].

Управління закупівлями розглядається як окрема підсистема в межах управління будівельними ресурсами. Вона охоплює повний цикл дій: від розроблення планів матеріально-технічного забезпечення та вибору надійних постачальників до укладення контрактів, супроводу їх виконання, логістичної організації постачання та завершення договірних зобов'язань.

У межах системи управління закупівлями розрізняють кілька напрямів: закупівля робіт, придбання матеріалів і обладнання, а також залучення зовнішніх фахівців і консультантів. Закупівлі матеріалів і устаткування, у свою

чергу, деталізуються на такі підкатегорії: постачання сировини й будівельних матеріалів, придбання технічного обладнання, а також залучення трудових ресурсів для виконання основних і допоміжних операцій будівельного циклу. Окрему позицію займають послуги проєктних, ремонтних та інших організацій, які здійснюють підтримку виконання робіт.

У контексті закупівельної діяльності поняття «закупівлі» та «постачання» охоплюють заходи, спрямовані на забезпечення проєкту необхідними ресурсами, тобто входять до структури господарських відносин. Основною правовою формою їх регламентації виступає договір.



Рисунок 1.1 - Організаційно-функціональна система управління ресурсами під час реалізації перебудовчих будівельних процесів

Планування та організація закупівель і поставань є початковим і визначальним етапом у системі управління ресурсним забезпеченням будівельного виробництва під час реалізації проєктів перебудови будівель і споруд виробничого

призначення (ППБС ВП) (рис. 1.1). Процес базується на положеннях проектно-кошторисної документації та узгоджується з загальним графіком виконання будівельно-монтажних робіт, враховуючи часові інтервали закупівель і логістичних операцій.

Процеси, пов'язані із закупівлею ресурсів, характеризуються високим рівнем складності, оскільки вимагають ретельного опрацювання та чіткої організації на всіх рівнях управління [56, 135, 146]. На етапі підготовки до виконання робіт здійснюється детальний аналіз будівельних комплексів і ресурсних потреб, при цьому враховуються часові, кількісні та технологічні обмеження. Прогнозування та розподіл ресурсів базується на графіках потреби в них [4, 94].

Планування ресурсного забезпечення створює передумови для:

- визначення часових параметрів потреб у ресурсах;
- аналізу потенціалу забезпечення для укладення договорів на постачання;
- формування логістичних графіків;
- ефективного розподілу закуплених ресурсів за видами будівельно-монтажних робіт.

У контексті управління ресурсами в проєктах реконструкції або нового будівництва промислових об'єктів до основних функціональних складових належать:

- розроблення структури робіт і відповідних ресурсних вимог;
- формування системи розподілу ресурсів і призначення відповідальних виконавців;
- контроль виконання, що включає зіставлення фактичних і планових параметрів та розробку коригувальних заходів.

Ресурси в будівництві розглядаються як активні елементи забезпечення робіт – від матеріалів, устаткування й енергії до персоналу. Для кожної роботи формується

відповідна функція ресурсної потреби, що дозволяє шляхом календарного планування розрахувати загальні потреби у масштабах усього виробництва. Застосування методів ресурсного вирівнювання забезпечує узгодження попиту з доступністю чи потенційною можливістю забезпечення.

Існують два ключові підходи до планування ресурсного забезпечення у проєктах реконструкції промислових об'єктів [95–96, 100]:

Планування в умовах часових обмежень – передбачає фіксовані строки завершення робіт, що часто потребує залучення додаткових ресурсів у періоди навантаження.

Планування в умовах обмежених ресурсів – передбачає, що доступні ресурси є наперед заданими, і саме вони визначають межі виробничої діяльності.

У процесі ресурсного планування важливо дотримуватись принципу: на кожному етапі реалізації проєкту сукупний обсяг наявного ресурсу з урахуванням запасів має бути не меншим за сукупний обсяг потреб у той самий момент часу.

У ситуаціях, коли графіки постачань $g(t)$ і потреб $f(t)$ не збігаються, виникає потреба у створенні буферних запасів у періоди випереджальних постачань. Ці запаси використовуються в подальшому – у фазах, коли постачання затримуються. Таким чином забезпечується безперервність виробництва за умови дотримання балансу між потребами та фактичним наданням ресурсів (1.1):

$$\int_0^t G(t)dt \geq \int_0^t F(t)dt. \quad (1.1)$$

Отже, в будь-який момент часу загальний обсяг постачань ресурсів має бути не нижчим за сумарну потребу в них, що залишається базовою умовою для забезпечення безперервного виконання будівельно-монтажних робіт без затримок і збоїв у виробничому процесі.

Тому виникає необхідність вирішення завдань, пов'язаних з удосконаленням теоретико-методологічної бази пошуку і прийняття логістичних рішень в системі ресурсно-календарного забезпечення функціонування БП, з урахуванням принципів і форм організації інтегрованих логістичних систем і процесів в будівництві, їх інформаційних систем і технологій управління матеріальними запасами, оперативного постачання [14].

У контексті реконструкції та перебудови промислових об'єктів система ресурсного забезпечення зазнала кардинальних змін у порівнянні з іншими фазами реалізації БМР. Основним фактором цих змін стало скасування централізованої планово-розподільчої моделі [116]. У межах цієї моделі підприємства-постачальники закріплювалися державними органами за конкретними об'єктами, що будувалися, і постачали ресурси відповідно до специфікацій, сформованих генеральним проектувальником, за фіксованими цінами. Замовник у цій системі виконував переважно контрольні функції та забезпечував оплату виготовлення і доставки ресурсів [99, 121, 124].

Перехід до ринкових відносин спричинив трансформацію завдань, пов'язаних із ресурсним забезпеченням у процесі перебудови об'єктів виробничого призначення. Сформувався новий підхід, у якому ключові етапи включають [96, 114]:

- розроблення технічних умов і специфікацій щодо необхідних ресурсів (матеріалів, обладнання, механізмів, конструкцій і робіт);

- планування та організацію закупівельного процесу;

- аналіз можливих джерел постачання і переговори з потенційними контрагентами;

- попередній відбір учасників торгів;

- підготовку тендерної документації та проведення торгів;

- ухвалення рішень про укладення контрактів;
- розміщення замовлень і узгодження умов постачань;
- контроль за постачаннями з урахуванням своєчасності, повноти, якості та кількісних параметрів;
- оперативне реагування на відхилення та вирішення конфліктних ситуацій;
- фінансові розрахунки з постачальниками;
- залучення необхідних фахівців, включно із субпідрядниками та консультантами;
- формування графіка постачань;
- організацію бухгалтерського обліку операцій;
- логістику доставки, приймання та складування ресурсів;
- облік і контроль на всіх етапах постачання.

Ефективна організація ресурсного забезпечення в межах ППБС ВП має базуватися на концепції виробничо-технологічної комплектації [23, 26, 61], що передбачає погоджене виготовлення, комплектацію та постачання конструкцій, матеріалів і обладнання відповідно до технологічної логіки виконання БМР. Наведена методологія сприяє оптимізації витрат, скороченню втрат часу та забезпечує узгоджене надходження ресурсів у точках і моменти їх реального використання.

На етапі розробки проекту організації будівельного виробництва формується модель технологічної комплектації, яка визначає принципи логістики постачань ресурсів згідно з черговістю виконання робіт. У межах планової документації створюється уніфікований нормативно-технологічний блок, що включає стандартизований набір документів, який виконує функцію нормативної основи для реалізації технологічної комплектації на об'єкті.

Відповідно до цієї моделі, постачання конструктивних елементів, матеріалів та обладнання має здійснюватися узгоджено, єдиними комплектами, з високим ступенем

технологічної готовності, в упаковках або контейнерах, безпосередньо до робочої зони об'єкта.

Оптимізація логістики у будівельних проєктах приносить багато переваг, але важливо також враховувати можливі недоліки та виклики, що можуть виникнути під час впровадження. По-перше, інтеграція нових логістичних моделей і технологій може потребувати значних інвестицій у інфраструктуру, програмне забезпечення та навчання. По-друге, координація з численними постачальниками та підрядниками може створювати труднощі, особливо у складних будівельних проєктах із жорсткими строками виконання [149].

Завдання щодо визначення обсягів і режиму постачань, а також рівня запасів ресурсів, належать до класу оптимізаційних задач управління, де метою є мінімізація сукупних витрат. До таких витрат належать витрати на зберігання, обслуговування складів, втрати від псування, логістичні витрати тощо. Основними змінними в цій задачі виступають:

- обсяги необхідних запасів;
- частота та строки постачань;
- рівень технологічної готовності ресурсів, що зберігаються.

Управління запасами передбачає не лише контроль їх наявності, а й **оперативне прийняття рішень**, що дозволяють скорочувати затрати часу й коштів шляхом оптимізації структури і обсягів запасів, які необхідні для стабільної реалізації проєкту.

Процеси управління ускладнюються тим, що планування закупівель, логістика постачань і формування запасів відбуваються в умовах динамічного змінного середовища. У таких умовах головна мета системи управління запасами полягає у забезпеченні безперервного виконання проєктних

робіт у встановлені терміни з гарантованою якістю за мінімально можливих витрат на утримання запасів.

Раціональний підхід до управління запасами забезпечує низку переваг (рис. 1.2), серед яких:

- зниження виробничих витрат, пов'язаних із браком ресурсів;

- скорочення надлишкових залишків, які блокують обігові кошти;

- зменшення ризику збоїв у графіку виконання робіт;

- оптимізація витрат, пов'язаних зі зберіганням.

В останні роки у сфері ресурсного забезпечення ППБС ВП активізується впровадження нових логістичних методів і моделей, що ґрунтуються на концепції побудови раціональної логістичної системи (ЛС) для кожного окремого будівельного проекту [134, 139, 152].

Логістична система у сфері ресурсного забезпечення виконує роль координатора процесів забезпечення, транспортування та розподілу ресурсів, забезпечуючи:

- узгоджене постачання ресурсів у точний час і в потрібне місце;

- взаємозв'язок між постачальниками, споживачами та логістичними операторами;

- інтеграцію транспортної, вантажно-розвантажувальної та складської логістики;

- управління потоками – матеріальними, інформаційними, трудовими й енергетичними;

- планування, моніторинг і контроль усіх логістичних операцій у межах життєвого циклу проекту.

Ефективне функціонування логістичної системи сприяє оптимальному використанню ресурсів та досягненню цілей проекту при мінімізації витрат і часових витрат.



Рисунок 1.2 – Визначення переваг та недоліків стратегій управління запасами при виконанні БМР

Останніми роками в практиці ресурсного забезпечення будівельного виробництва при реалізації ППБС ВП є використання нових методів і технологій, що базуються на концепції побудови раціональної логістичної системи (ЛС) кожного окремого будівельного проекту [134, 139, 152].

Організація ЛС у сфері ресурсного забезпечення будівельного виробництва при реалізації ППБС ВП - це раціональна організація виробництва і розподілу, яка комплексно вивчає постачання, збут і розподіл засобів виробництва; сукупність різних видів діяльності в цілях отримання необхідної кількості продукції у встановлений час і заздалегідь встановленому місці, в якому склалася потреба в цій продукції; взаємодія усіх елементів виробничо-транспортних систем; управління процесом фізичного розподілу продукції у просторі та часі; взаємодія постачання із збутом і транспортом; інтеграція виробничого і перевізного процесів, включаючи усі транспортні, вантажно-

розвантажувальні і інші операції; планування, управління і контроль матеріальних, інформаційних, людських і енергетичних потоків; фізичний розподіл ресурсів з урахуванням технічного, технологічного, організаційного і інформаційного забезпечення цього процесу.

Таким чином, ресурсне забезпечення будівництва (реконструкції) об'єктів виробничого призначення, має на меті підвищення ефективності функціонування системи управління будівельним виробництвом та є його невід'ємною частиною і займається управлінням потоками ресурсів будівельного підприємства (БП). Найважливішими завданнями ресурсного забезпечення будівельного виробництва при будівництві (реконструкції) об'єктів виробничого призначення є:

- побудова інтегрованої системи управління матеріальними потоками на базі сучасних інформаційних технологій;

- розроблення дієвих механізмів керування рухом ресурсів та організація контролю за переміщенням матеріалів;

- формування стратегії та вибір оптимальних технологій розподілу ресурсів між роботами у межах проєкту;

- прогнозування обсягів постачання, транспортування та складування;

- виявлення і ліквідація дисбалансів між потребами у ресурсах і можливостями їх постачання;

- раціоналізація структури транспортно-логістичної інфраструктури підприємства.

Система управління ресурсами проєкту має бути спроектована таким чином, щоби забезпечити стабільне і безперервне постачання всіх видів ресурсів для БМР, що реалізується шляхом вирішення низки завдань:

- ведення обліку запасів на складах різних рівнів;

- визначення обсягу страхових (гарантійних) резервів;

- розрахунок оптимального обсягу замовлення;

- встановлення потрібного інтервалу між закупівлями.

У ситуаціях, де споживання ресурсів відбувається рівномірно та без порушень графіка, теорія управління запасами пропонує **дві класичні моделі**, що відповідають цілям гарантованого забезпечення виробництва:

1. Модель із фіксованим розміром замовлення – кожна нова закупівля здійснюється у визначеному обсязі після досягнення мінімального рівня запасу;

2. Модель із фіксованим інтервалом між замовленнями – постачання відбувається у встановлені часові проміжки, а обсяг партії може змінюватися в залежності від споживання.

Обидві системи управління мають на меті мінімізувати ризик дефіциту, зберігаючи при цьому контроль над обсягом складських залишків і логістичними витратами (рис. 1.2).

У сучасних умовах реалізації ППБС ВП система ресурсного забезпечення постійно адаптується до змін ринку та середовища. Оптимізація цієї системи полягає у:

- скороченні потреби в надлишкових складських площах;
- спрощенні процедур оформлення замовлень;
- прискоренні процесів отримання та обробки постачань;
- підвищенні динамічності й адаптивності логістичних операцій.

Застосування таких підходів дозволяє досягати високої гнучкості в управлінні запасами, забезпечуючи ефективну підтримку виконання робіт на всіх етапах реалізації будівельного проекту.

1.2 Аналіз наукових підходів до формування та еволюції логістичних систем у будівництві

В сучасних умовах питанням формування логістичних систем теоретиками і практиками приділяється багато уваги [1, 8, 28, 57, 59, 69, 76, 77]. Однак дослідники по-різному визначають сутність та елементи логістичних систем,

обґрунтовують логістичні функції та операції, виділяють рівні функціонування логістичних систем, не враховують особливості формування логістичних систем діючими будівельними організаціями та підприємствами.

Також недостатньо враховуються галузеві особливості будівельної сфери: умови функціонування реальних підприємств і специфіка впровадження логістичних механізмів у діючі організаційно-технологічні схеми. Водночас, сучасні концепції розвитку логістики все частіше спрямовуються на дослідження будівельного проекту або підприємства як логістичної системи.

Такий підхід дозволяє розглядати кожен будівельний об'єкт як **автономну логістичну одиницю** з власними потоками ресурсів, інформації, коштів і робіт, а саме підприємство – як платформу для формування та управління такою системою. Формування ефективної логістичної інфраструктури у межах будівельного підприємства або проекту перебудови будівель і споруд виробничого призначення є критичним чинником для досягнення оптимального матеріально-технічного забезпечення.

Однак для практичної реалізації такого підходу необхідно попередньо визначити організаційно-функціональні засади логістичної системи: її цілі, функції, підсистеми, принципи побудови та характерні особливості.

У дослідженні Карп І.М. [59] охарактеризовано комплекс теоретичних і методичних положень щодо використання логістичних систем для ефективного управління матеріальними та інформаційними потоками в межах підприємства. Автором запропоновано концептуальну модель впровадження логістики на основі використання інформаційних технологій, методів математичного моделювання та результатів анкетного опитування фахівців. Наголошено, що впровадження логістичних підходів у практику управління підприємством сприяє систематизації

потокових процесів і підвищенню керованості ресурсних операцій.

Баранець Г.В. [8] обґрунтував можливість підвищення ефективності управління матеріальними та фінансовими потоками підприємства на базі використання логістичного підходу. З урахуванням закономірностей відтворювальних процесів сформулював логістичні визначення матеріального та фінансового потоку та запасу. Науково обґрунтовано доцільність використання принципів логістичного підходу в управлінні оборотним капіталом підприємства.

Досліджено питання управління логістичним циклом підприємства та запропоновано методику визначення оптимального рівня страхових запасів на базі використання методів статистичного аналізу розподілів інтервалів поставок, що дозволяє оцінити ступінь надійності забезпечення виробництва запасами сировини й основних матеріалів. Обґрунтовано методологічні засади побудови логістико-орієнтованої системи управління матеріальними та фінансовими потоками підприємства.

Крикавський Є.В. розглядає поняття логістичної системи в межах системного підходу, що є науковою основою [28]. Автор визначає чотири характерні ознаки логістичної системи, які дозволяють трактувати її як адаптивну структуру зі зворотними зв'язками, орієнтовану на виконання логістичних функцій.

У своїй структурній моделі логістики автор також розрізняє макро- та мікрорівні логістичних систем. На макрорівні, елементами системи виступають підприємства як самостійні логістичні одиниці. Натомість мікрорівень охоплює внутрішні підсистеми – зокрема, функції закупівлі, виробничого планування та збуту. Наведені мікрологістичні утворення становлять структурну базу для формування логістичних систем вищого рівня.

На практиці будівельні підприємства не завжди виокремлюють усі підсистеми логістики в класичному розумінні, що обумовлюється специфікою організаційно-технологічної діяльності в будівельному секторі. Тому формування логістичної системи на макрорівні в будівництві зазвичай відбувається шляхом інтеграції локальних мікрологістичних структур окремих суб'єктів господарювання – підрядників, постачальників, транспортних організацій тощо.

У результаті формується цілісна інфраструктура, де взаємодія між учасниками створює єдине логістичне середовище з розподіленими функціями управління..

У роботі Румянцева М.В. [115] запропоновано низку методичних рішень, орієнтованих на підвищення ефективності управління складними логістичними системами в умовах нестабільного попиту. Застосування принципів логістики у поєднанні з інструментами контролінгу, за автором, дозволяє суттєво підвищити організаційно-економічну стійкість підприємства. Основою для цього слугує побудова моделей, що забезпечують зниження виробничих витрат і зростання прибутковості, що, в свою чергу, формує передумови для посилення конкурентоспроможності.

Моделі базуються на концепції керованих систем масового обслуговування, де ресурси є обмеженими, а виробниче середовище – динамічним і змінним. У межах підходу запропоновано методики визначення оптимальних розмірів запасів, рівнів гнучкості виробничого обладнання та моментів залучення резервних потужностей. Особлива увага приділена моделюванню поведінки гнучких виробничо-логістичних систем і визначенню необхідного обсягу інформації для ефективного функціонування системи контролінгу на підприємстві.

В наукових працях Ларіна Р.Р. [73] обґрунтувала шляхи вирішення наукової проблеми активізації процесів

регіонального розвитку на основі розробки теорії та методології формування регіональних логістичних систем, а також методики оцінки результативності їх функціонування та стратегії комплексного розвитку регіону. Вперше сформулювала визначення комплексного поняття «регіональна логістична система» як територіальної організації сфери товарообігу на основі погодження інтересів виробників і споживачів на підставі поєднання зусиль виробників товарів і послуг з метою оптимізації фінансових, матеріальних та трудових ресурсів реалізації економічних цілей регіону.

Серед сучасних досліджень, присвячених застосуванню цифрових технологій у системі управління будівельними проектами, варто відзначити, що Кулік М.В. та співавт. розглядають BIM як базовий інструмент для побудови адаптивної та ефективної системи управління в будівельній організації. Серед переваг BIM в першу чергу відзначається можливість швидко та зручно для всіх учасників будівництва виконати заміну конструктивних та архітектурних складових, спроектувати інженерне оснащення, властивості якого відповідають сучасному рівні вимог, технічне спостереження з попереднім застереженням ремонтних робіт під час експлуатації будівлі, а також корегувати проектні рішення в процесі проектної діяльності [132].

У дослідженні особливу увагу приділено можливостям використання BIM-моделей на всіх етапах життєвого циклу будівельного проекту – від планування та проектування до реалізації, моніторингу й завершення. Запропоновано низку рекомендацій щодо ефективного впровадження BIM у практичну діяльність будівельних підприємств, зокрема: розробку механізму адаптації цифрових моделей до управлінських процедур, підвищення кваліфікації персоналу, налагодження інформаційного обміну між учасниками проекту.

Окрему увагу в контексті цифровізації процесів реконструкції будівельних об'єктів привертає дослідження, що провели Худа Худхаїре та Наджі Ібрагім [147] щодо впровадження інформаційного моделювання будівель у практику відновлення незавершених будівельних проєктів. У роботі окреслено специфіку правового та інфраструктурного середовища України, в якому функціонує значна кількість об'єктів незавершеного будівництва, що потребують технічного обстеження, актуалізації документації та подальшого використання.

Запропонований авторами підхід передбачає поєднання BIM-моделювання як зафіксованого стану об'єкта (as-built BIM) із методиками інформаційного управління реконструкцією історичних будівель і механізмами підтримки прийняття рішень щодо технічної та ресурсної доцільності відновлення. Це відкриває перспективи інтеграції BIM не лише як інструменту візуалізації, а як основи для оптимізації логістики ресурсного забезпечення перебудови об'єктів у складних умовах невизначеності та змін регуляторного середовища.

Питання класифікації логістичних систем розглядаються також у роботах вітчизняних авторів – О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко. Вони виокремлюють сім характерних властивостей логістичних систем (табл. 1.1) і пропонують класифікацію за двома основними критеріями: просторове охоплення та тип логістичних зв'язків [77, с. 138–140].

За першою ознакою виділяють:

– **макрологістичні системи**, що охоплюють потоки між незалежними господарськими суб'єктами, незалежно від їх географічного положення;

– **мікрологістичні системи**, які реалізуються всередині одного підприємства або між об'єднаними підприємствами в межах корпоративної структури.

За другою ознакою логістичні системи поділяють на:

- системи з прямими зв'язками;
- ешелонні системи;
- гнучкі логістичні системи [77].

У визначенні логістичної системи дослідники дотримуються позиції Кальченко А.Г. [57], яка розвиває підхід, раніше запропонований Крикавським Є.В. [28]. Згідно з цим підходом, логістична система трактується як адаптивна динамічна структура з елементами зворотного зв'язку, яка складається з кількох функціональних підсистем, виконує певні логістичні функції й активно взаємодіє із зовнішнім середовищем.

Поняття логістичної функції, відповідно до трактування [77, с. 137], слід розуміти як агреговану групу логістичних операцій, що спрямовані на досягнення мети функціонування логістичної системи. Серед базових функцій логістичних систем традиційно виокремлюють: постачання, виробництво, збут. З огляду на специфіку промислових і будівельних підприємств, доцільно розглядати ці функції як підсистеми логістичної системи, кожна з яких виконує комплекс взаємопов'язаних логістичних операцій.

Логістичну операцію у цьому контексті пропонується визначати як дію або подію, що забезпечує взаємозв'язок між підсистемами шляхом активізації матеріальних, фінансових або інформаційних потоків. Іншими словами, логістичні операції є механізмом реалізації логістичних функцій і приводять у дію елементи логістичної структури підприємства.

На нашу думку, до функціональних компонентів логістичних систем будівельних підприємств і їх підсистем доцільно віднести операції, наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Оцінка поточного рівня розвитку організаційно-технологічних систем ресурсно-календарного забезпечення проєктів нового будівництва та перебудови в умовах невизначеності

Склад підсистем	Функції підсистем ЛС	Функції ЛС
<p>Матеріально-технічне забезпечення</p>	<ul style="list-style-type: none"> -організація роботи транспортного та складського господарства; -прогнозування потреби у виробничих запасах; -аналіз постачальників та цін; -аналіз витрат на транспортування та утримання виробничих запасів; -аналіз термінів поставок; -оптимізація витрат; -контроль за своєчасним транспортуванням, складуванням, збереженням виробничих запасів; -облік виробничих запасів. 	<ul style="list-style-type: none"> - організаційна; - прогнозна; - аналітична; - контрольна; - стабілізуюча; - облікова.

Продовження табл.1.1

Виробництво	<ul style="list-style-type: none"> -організація управління технологічними процесами -планування виробничих запасів та випуску продукції -формування графіків виробництва -аналіз витрат на виробництво -оптимізація витрат на виробництво -обґрунтування норм та нормативів -контроль якості та дотримання стандартів якості -контроль за збереження та формуванням запасів 		
Впровадження	<ul style="list-style-type: none"> -організація роботи складського, транспортного, сервісного господарства -прогнозування та аналіз цін -аналіз витрат на утримання -аналіз термінів впровадження -оптимізація витрат -контроль за складуванням, збереженням і відвантаженням продукції -облік продукції 		

У дослідженні Васелевського М. [23] обґрунтовано доцільність поділу логістичної системи на три основні підсистеми – виробничу, управлінську та інформаційну, що дозволяє системно визначити роль інформаційного компоненту в координації виробничих і управлінських процесів. Автор пропонує використовувати механізм інтеграції логістичної та маркетингової інформації в контексті дистрибуції матеріально-технічних ресурсів, що забезпечує узгодженість між об'єктами одного рівня ієрархії та елементами логістичної системи на різних організаційних щаблях управління.

На відміну від попередніх дослідників Кальченко А.Г. [57] виділяє три класифікаційні ознаки логістичних систем: залежно від логістичного ланцюга (прямі, гнучкі, ешелоновані), залежно від сфери дії (в матеріально-технічному забезпеченні, у виробництві, у збуті), залежно від подання матеріалів до місця виробництва (штовхаючі – передбачає подачу матеріалів до місця обробки згідно затвердженого графіку, тягучі - матеріали у виробництво надходять згідно із замовленням). Перераховані види логістичних систем доречно розглядати з позиції їх функціональності. Однак у процесі формування логістичної системи на промисловому підприємстві її слід розглядати як певну цілісність, що складається із сукупності елементів, які перебувають у тісних взаємозв'язках між собою та знаходяться у відповідних сферах діяльності БП.

Точку зору зазначених дослідників стосовно сутності логістичної системи підтримує Крикавський Є.В [69]. Процес ідентифікації, формування і впровадження логістичної системи на БП він представляє в чотири етапи: 1) аналіз логістичних ситуацій, а також завдань і детермінант системи; 2) формування повної логістичної системи; 3) зв'язування логістичної системи і підсистем з іншими підсистемами в підприємстві; 4) імплементація системи. При цьому автор

зазначає, що ефективне функціонування логістичної системи залежить від вибраної логістичної стратегії та відповідної логістичної координації. Воно зумовлюється так званими синергічними зв'язками, тобто такими зв'язками інтеграції, що спричиняють появу додаткового ефекту, який набуває форми логістичної синергії. Такий підхід визначає необхідність у процесі формування логістичної системи БП використання в поточному та перспективних періодах показників економічної та ринкової доданої вартості, а також врахування концепцій вартісно-орієнтованого управління.

Таке трактування логістичної системи підтримують такі вітчизняні науковці, як В.Г. Алькема, О.М. Сумець [1, с. 33]. Вони вважають, що основними підсистемами логістичних систем є закупівля, складське господарство, запаси, транспорт, виробництво, розподіл, збут, інформація, кадри. Такий підхід відображає підсистеми логістичної системи БП. Однак поєднує певні не співставні поняття. Запаси та інформація скоріше відображають об'єкти логістичних операцій, а кадри, задіяні у кожному елементі та підсистемі логістичної системи, спонукають до руху всі логістичні потоки (товарно-матеріальних цінностей, грошових коштів, інформації).

У свою чергу, у працях Єнченка Є.В. [44] досліджено підходи до проектування логістичних систем у ситуаціях з високим рівнем невизначеності, характерних для сучасного будівельного середовища. Автором запропоновано використання оптимізаційних моделей, які дозволяють враховувати ризики, централізацію запасів, витрати на логістичні операції та забезпечення цільового рівня надійності обслуговування, що може бути ефективно застосований у системі ресурсного забезпечення проєктів перебудови об'єктів виробничого призначення, де високі вимоги до гнучкості та швидкості логістичних рішень поєднуються з обмеженістю ресурсів.

В роботі Гнатушенко В.В. [30] досліджено питання удосконалення фінансово-логістичних функцій управління у ЛС, що за сучасних умов сприяє інтеграції процесів у економіці. На підставі аналізу функціонування ЛС сформульовано принципові положення концепції управління фінансово-логістичними процесами. Розроблено моделі актуальних задач управління запасами за умов конкуренції, процесів згладжування у логістичних системах, впливу зовнішніх ефектів у виробничо-споживчих системах, вибору контрагентів по поставках у логістичній системі. Запропоновано основні схеми управління фінансово-логістичними процесами, що складаються з множини логістичних елементів.

У дослідженнях Павленка Т.В. [97] запропоновано концептуальний підхід до формування логістичного управління на підприємстві, який базується на інтеграції раніше розрізнених економічних підсистем – виробництва, складсько-транспортної логістики, фінансів, управління персоналом і інформаційних потоків – в єдину координовану систему. На основі аналізу внутрішніх логістичних процесів сформульовано положення щодо визначення пріоритетів логістичного управління, що дозволяє орієнтувати систему на ефективну підтримку матеріальних і ресурсних потоків у виробничому середовищі.

У роботах автора представлено формалізовані моделі логістичних функцій, методи оптимізації управління поставками ресурсів, а також інструментальні засоби реалізації процесів управління, що забезпечують підвищення ефективності функціонування логістичної інфраструктури. Особлива увага приділяється управлінню запасами (зокрема, залізорудної сировини), де продемонстровано потенціал використання логістичних стратегій для підвищення стійкості функціонування підприємств у нестабільних умовах.

Формуючи логістичні системи на будівельному підприємстві, доцільно орієнтуватися на такі підходи – із урахуванням специфіки будівельної галузі. У логістичному середовищі БП ключовими елементами виступають: постачальники, перевізники, підрядники, учасники виробничо-технологічної інфраструктури, а взаємозв'язки між ними реалізуються через логістичні операції, що формують наскрізні логістичні процеси. Порушення узгодженості або відхилення в роботі одного з елементів системи призводить до втрати стабільності функціонування всієї ЛС, особливо в умовах перебудови або модернізації будівель і споруд.

1.3 Комплексна оцінка стану організаційно-технологічних механізмів календарно-ресурсного забезпечення проєктів реконструкції та нового будівництва в умовах підвищеної невизначеності

У сучасних умовах істотно виросла різноманітність можливих структур і форм функціонування будівельного виробництва [4-7, 19, 26, 31-32, 40, 43, 92, 119].

Надійність функціонування будівельного виробництва багато в чому визначається організаційною структурою і структурою управління, що склалася. Відповідно до понять, що склалися, система управління може бути структурована на три складові: методи управління, база управління і засоби управління. Тільки їх ефективна сполука між собою, їх максимальна відповідність, а також синхронний розвиток і вдосконалення забезпечує цілісність системи управління в усіх стадіях перетворення будівельних підприємств.

Надійність функціонування будівельного виробництва не вдається оцінити звичайними методами теорії надійності. Основа функціонування будівельного виробництва - рішення організаційно-технологічних завдань будівництва. Саме тому актуальний аналіз вирішуваних будівельною організацією завдань, як апарату дослідження, визначає основні причини

поведінки будівельної системи в умовах нестабільності, в умовах ринку і економічних ризиків. Таким чином, аналіз рішення організаційно-технологічних завдань для будівельного виробництва повинен дозволити виявити основні аспекти функціонування будівництва в сучасних умовах.

Основне завдання реконструкції промислових об'єктів – це прискорене оновлення основних виробничих фондів. Будівельне виробництво є складною системою, що складається з безлічі підсистем. Основу будівельного виробництва складають виробничі і організаційні системи, а також системи управління і інформаційні [12, 20, 56, 121].

Виробничі системи - це первинні будівельні підприємства, що випускають будівельну продукцію у вигляді будівель, споруд і їх комплексів з використанням сировинних матеріалів, комплектуючих виробів, будівельної техніки, допоміжних будівель і електроенергії. Вони включають сукупність дій будівельно-монтажних організацій різної міри спеціалізації, до складу яких входять підприємства, допоміжні і обслуговуючі господарства. Результатом їх спільної виробничої діяльності є кінцева будівельна продукція - будівлі і споруди.

Завдання технологічної сфери – раціональний вибір технічних засобів і технологічних прийомів виконання БМР. У цій сфері відбувається виявлення раціональних технічних засобів і способів їх використання з метою створення з матеріалів, виробів, конструкції частин будівель і споруд. Основне завдання технології полягає в отриманні будівельної продукції можливо вищої якості при повнішому використанні технічних параметрів машин і механізмів. Вдосконалення технології нерозривно пов'язане з якістю будівельних матеріалів [11], мірою агрегації конструкцій на виробничих підприємствах і вдосконаленням будівельних машин і механізмів [87]. Зв'язки між учасниками будівництва в цій

сфері обумовлюються необхідною послідовністю у виконанні БМР.

Завдання організаційної сфери - створити прогресивні умови для роботи спеціалізованих організацій і підрозділів в ході будівництва об'єктів [40, 48-50, 85, 92]. При одній і тій же технології БМР процес будівництва може бути організований по-різному. По-різному можуть бути сконцентровані ресурси, різною може бути кооперація виконавців і так далі. Тому до завдань організації відносяться: узгодження взаємодії виконавців в часі, вибір раціонального розміщення елементів виробництва в районі будівництва і безпосередньо на будівельному майданчику і тому подібне.

У області організації виробництва розглядаються: питання кооперації підприємств в процесі виробництва, організаційні форми експлуатації будівельних машин і транспортних засобів, форми забезпечення процесу будівництва матеріалами, конструкціями і устаткуванням.

Завдання економічної сфери – здійснити єдність економічних процесів у виробництві і економічних зв'язків учасників будівництва [35, 74, 79, 98]. У області економіки будівельного виробництва важливе значення мають такі категорії як прибутковість роботи, матеріальне стимулювання і тому подібне. У цій сфері виявляються економічні закономірності взаємодії усіх елементів в ході будівництва з метою підвищення ефективності будівельного виробництва в цілому.

Між розглянутими сферами існує певний зв'язок і залежність. Кожна з них відбиває одну із сторін в управлінні будівництвом об'єктів і чинить вплив на побудову структури зв'язків між виконавцями. Сполучною ланкою в роботі будівельних підприємств в різних сферах діяльності являється управління.

Заходи, що виконуються в ході виробничого процесу по забезпеченню заданої якості будівельної продукції, охоронні

природи заходи і так далі є об'єктами управління для підрозділів тих, що їх виконують.

Управління виробничим процесом припускає прогнозування його ходу з метою визначення оптимальних об'ємів БМР, уточнення потреби в сировину, розробки деталізованих планів реалізації поточних процедур і операцій в усіх вузлах технологічних і забезпечуючих контурів.

В цілому для кожного БП процес управління має свої об'ємні і тимчасові межі у вигляді виробничих програм на певний період часу, календарних планів. Кожна будівельна організація має свою граничну виробничу потужність, що включає максимальну кількість об'ємів робіт і послуг, які можуть бути виконані в ході виробничих процесів. Чим раціональніше налагоджений хід функціонування виробничих процесів і повніше використовується виробнича потужність, тим нижче собівартість одиниці продукції і вище прибуток будівельного підприємства.

Функції виробничо-господарської діяльності БП спрямовані на рішення конкретних завдань, що стоять перед БП, наприклад, на підвищення якості будівельної продукції, своєчасне постачання об'єктів будівництва ресурсами. Будівельне виробництво, як об'єкт функціонування, так і процеси, що забезпечують розвиток будівельного виробництва, є динамічними. Параметри цих процесів змінюються з певною мірою вірогідності, тому в управлінні тими або іншими об'єктами потрібний облік впливу різних факторів на запланований хід реалізації програми БМР. Таким чином, в найзагальнішому випадку, завдання забезпечення функціонування зводиться до обліку дії на об'єкт різних факторів і вироблення рішень по вибору найкращого варіанту реалізації БМР, що входять до його складу, з метою зменшення невизначеності в досягненні поставленої мети [4, 21, 26, 68, 70].

Для аналізу функціонування будівельного виробництва виділені організаційно-технологічні підсистеми, що чинять найбільший вплив на якість, надійність, основи існування будівельних систем. До цих підсистем відносяться [4, 7, 13-17, 80, 86, 120,]: календарне планування будівництва; ресурсне забезпечення будівництва; кошторисні розрахунки, що визначають вартісні характеристики будівельного виробництва з позиції організаційно-технологічного змісту оцінюваних робіт.

Підрядні організації, що виконують роботи по генеральних і субпідрядних договорах-підрядку, і замовники забезпечують об'єкти будівництва усіма видами ресурсів відповідно до технологічної послідовності виробництва БМР в терміни, встановлені календарними планами і графіками будівництва.

Організація постачань ресурсів через підприємства виробничо-технологічної комплектації, а також бази виробничих комплектувань передбачає: комплектацію ресурсів, необхідних для виконання виробничої програми незалежно від джерел їх вступу; підвищення технологічної готовності конструкцій, деталей і інженерного устаткування; зборку будівельних вузлів; підготовку матеріалів до безпосереднього застосування в процесі виконання БМР; контроль за використанням ресурсів за призначенням; централізоване постачання на об'єкти конструкцій, деталей, матеріалів і устаткування відповідно до графіків виробництва БМР, що будуються.

Засоби і заходи інтенсифікації постачань ресурсів включають: вдосконалення форм і методів постачання об'єктів, що реконструюються, збірними конструкціями, напівфабрикатами, вузлами і устаткуванням; раціональне поєднання галузевого і територіального принципів в управлінні постачань ресурсів; вдосконалення методів визначення потреби і планування постачань ресурсів на основі

прогресивних і динамічних норм витрати матеріалів з широким використанням автоматизованих систем і забезпечення на цій основі повнішої ув'язки ресурсів, що поставляються, з планами виробництва БМР; перехід до оптимальних методів, підвищення оперативності, точності і гнучкості управління комплектними постачаннями ресурсів на основі розробки і впровадження автоматизованих систем, а також вдосконалення організаційно-структурних форм управління; концентрацію і прискорений розвиток матеріально-технічної бази органів комплектації з підвищенням рівня механізації і автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт, підвищенням технологічної і заводської готовності матеріалів з використанням сучасного транспорту і засобів перевезення; вдосконалення управління виробничими запасами ресурсів. Склад ресурсів, необхідних для реалізації будівельних робіт визначається кошторисними нормами.

Оцінка організаційно-технологічної надійності функціонування будівельного виробництва повинна базуватися на статистичних вибірках по об'єктах-аналогах не лише за кошторисними вартісними показниками, але і за результатами аналізу тривалості БМР в календарному плані і по графіках забезпеченості ресурсами будівельного виробництва.

Розробка автоматизованого обліку даних по об'єктах-аналогах дозволяє оцінити взаємозв'язок різноманітної фактичної інформації по комплексу організаційно-технологічних завдань функціонування будівельного виробництва [100, 126]. Схема взаємозв'язку організаційно-технологічних підсистем РКП – планування тривалості будівництва, організація ресурсного забезпечення, проведення кошторисних розрахунків, наведена на рис. 1.3.

На кожному етапі виробництва будівельно-монтажних робіт основні характеристики функціонування будівельного

виробництва піддаються випадковим, імовірнісним діям, що істотно впливають на стабільність досягнення кінцевої мети. Крім того, неможливо відокремити вплив на одне організаційно-технологічне завдання від впливу на інше. Тільки комплексний підхід до оцінки функціонування БП може сформулювати адекватну оцінку надійності будівництва.

Будівельні підприємства та організації функціонують в умовах імовірнісного характеру будівельного виробництва. Під впливом різних випадкових чинників хід будівельного виробництва об'єктивно відхиляється від раніше запланованого.

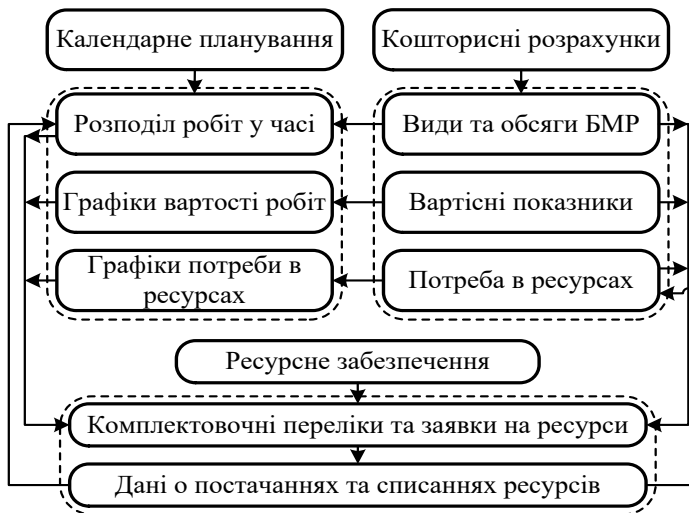


Рисунок 1.3 – Взаємозв’язок організаційно-технологічних підсистем РКП

Аналіз і структуризація моделей, які враховують вплив зовнішніх і внутрішніх чинників (рис. 1.4), засвідчили критичну необхідність інтеграції техногенних факторів у процеси ресурсно-календарного забезпечення будівельного виробництва при реалізації проєктів перебудови будівель і споруд виробничого призначення. Зумовлено тим, що

техногенні впливи можуть охоплювати об'єкти на всіх етапах їх життєвого циклу – від нового будівництва, реконструкції, технічного переоснащення до капітального ремонту чи функціональної трансформації, включно з періодом експлуатації [164].

Згідно проведеного дослідження було сформовано узагальнений перелік параметрів, які потребують обов'язкового врахування у рамках побудови логістичних моделей РКЗ для ППБС ВП. До таких параметрів віднесено:

- рівень невизначеності часових характеристик будівельних процесів;
- ступінь впливу техногенних навантажень;
- показники попиту та пропозиції на ринку ресурсів;
- віддаленість постачальних баз від зони виконання будівельно-монтажних робіт (БМР);
- функціональну залежність якості будівельних матеріалів від часу їх зберігання та транспортування.

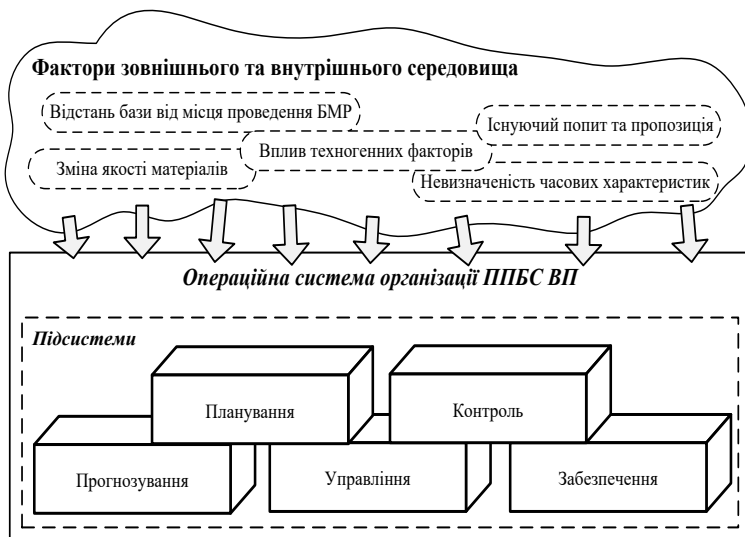


Рисунок 1.4 – Вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на операційну систему організації ППБС ВП

Будівельне виробництво як динамічна система носить яскраво виражений імовірнісний характер. Імовірнісними є не лише чинники, що впливають на усю систему в цілому, але і поведінка кожного елементу цієї системи, починаючи з колективів людей. Загальна параметрична база ресурсного забезпечення ППБС ВП, до якої входять чинники та фактори впливу, що надають будівельному виробництву імовірнісний характер, приведена на рис. 1.5.

Імовірнісний характер будівельного виробництва до певної міри враховується через усереднені величини нормативних документів. Проте це досконало недостатньо для віддзеркалення значної кількості що дестабілізують будівельне виробництво факторів. Проблема стабільності функціонування системи в умовах випадкових обурень характерна для усіх технічних і організаційних систем і вивчається теорією надійності [31, 83].

Відмітною особливістю будівельних систем, на відміну від систем технологічних, являється їх організаційний характер. У виробничому процесі об'єднуються технічні системи. Взаємодія цих систем, що носить стохастичний характер, абсолютно не враховується ні в організаційно-технологічній документації, що випускається – проекти організації будівництва, проекти виробництва робіт, ні в наявній нормативно-довідковій базі – будівельні норми і правила, одиничні розцінки і т.д.

Ускладнення будівельних технологічних процесів при реалізації будівельних підприємством ППБС ВП, збільшення складності і кількості складових елементів організаційних структур БП, ускладнення планових, економічних і управлінських рішень привело до необхідності використання принципово нових, системних підходів до аналізу будівельного виробництва.

Великі можливості підвищення ефективності будівництва знаходяться у вирішенні проблеми підвищення

організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва. У основу розробки теорії організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва в першу чергу має бути закладений ймовірно-статистичний підхід. Детерміновані методи однозначно визначають поведінку моделі, виходячи з початкових умов, що задаються.

Ігнорування ймовірнісної природи процесів будівельного виробництва в умовах реконструкції об'єктів призвело до зниження адекватності та надійності значної частини організаційно-технологічних, економічних і управлінських рішень, що формуються на основі традиційних (детермінованих) моделей. У цьому контексті забезпечення ефективного організаційно-технологічного супроводу з позицій надійності доцільно розглядати як здатність сукупності організаційних, технологічних, логістичних та економічних заходів гарантувати досягнення запланованих результатів будівельного виробництва за умов стохастичних збурень, притаманних складним виробничим системам у будівництві.

У будівництві, як випадкові, дестабілізуючі чинники можуть бути розглянуті практично усі показники виробництва будівельно-монтажних робіт. Проте, можна обмежитися аналізом лише найбільш суттєвих параметрів системи, параметрів від яких найбільшою мірою залежить її функціонування і досягнення заданого результату.

Такі показники розглядаються як сукупність випадкових величин, що міняють своє значення заздалегідь невизначеним чином. Проте частота появи тих або інших значень має відносну стійкість. Опис характеристик частот випадкових величин дається кривими розподілу. Для аналізу розподілів розроблена значна кількість моделей в теорії вірогідності і математичній статистиці [156, 165]. За допомогою цих моделей і методик може бути оцінена вірогідність досягнення показником запроектованої величини.

№	СК	Показник	Тип узгодження	Характеристика показника
1	Детерміновані управління	Д ₁	ЗП	Обсяг робіт
2		Д ₂	З	Однотипність будівель, що будуються
3		Д ₃	ЗП	Способи виконання робіт
4		Д ₄	ЗП	Рівень спеціалізації та розподілу робіт
9		Д ₉	ЗП	Кваліфікація робітників
10		Д ₁₀	ЗП	Склад парку будівельних машин
11	Стохастичні не управління	Сн ₁	-	Несприятливі метеоумови
12		Сн ₂	-	Стихійні лиха
13		Сн ₃	-	Хімічні аварії та катастрофи
17		Сн ₇	-	Радіаційна небезпека
18		Сн ₈	-	Транспортні аварії та катастрофи
19	Стохастичні частково управління	Сч ₁	З	Умови договору підяду
20		Сч ₂	ЗП	Строки початку і закінчення БМР
21		Сч ₃	ЗП	Порядок розрахунків за виконані роботи
22		Сч ₄	З	Джерела та порядок ресурсного забезпечення БМР
23		Сч ₅	ЗП	Календарний графік виконання БМР
24		Сч ₆	П	Попит та пропозиції ресурсів
25		Сч ₇	П	Відстані бази до місця виконання БМР
26		Сч ₈	П	Порядок залучення субпідрядників
31		Сч ₁₁	З	Порядок здійснення замовником контролю за якістю ресурсів
32		Сч ₁₄	П	Вимоги до організації робіт
33		Сч ₁₅	-	Функції зміни якості будівельних матеріалів
34		Сч ₁₆	П	Гарантійні строки якості закінчених робіт (експлуатації об'єкта будівництва), порядок усунення недоліків
35		Сч ₁₇	З	Умови здійснення авторського та технічного нагляду за виконанням робіт ППБС ВП

Рисунок 1.5 – Загальна параметрична база ресурсного забезпечення ППБС ВП

Для детермінованих параметрів оцінка їх можливих значень здійснюється на підставі аналізу наявних функціональних залежностей. В цьому випадку відповідь є однозначною і залежить лише від початкових умов, що задаються, характеристик аналізованих показників.

Організаційно-технологічні системи будівельного виробництва, що мають людино-машинний характер та охоплюють не лише технологічні, а й економічні й соціальні компоненти, демонструють певний рівень надійності, який, як правило, знижується зі зростанням складності системи [156, 165]. Для оцінювання надійності таких систем у контексті будівельного виробництва застосовуються методи теорії надійності, що ґрунтуються на аналізі розподілу випадкових величин, які відображають функціонування окремих елементів будівельного комплексу.

Організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва може досягатися різними шляхами: зниженням величини чинників, що впливають на порушення надійності функціонування будівельного комплексу; проектуванням систем, вистачає вказаних чинників, що надійно функціонують в умовах дії.

Теорія і практика організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва отримала значний розвиток в працях багатьох учених [31, 70, 83, 86, 100,]. Проте, дослідження, що проводяться, орієнтувалися на різні сторони будівельного виробництва, розглядаючи лише окремі елементи виробничих систем. З організаційно-технологічних аспектів функціонування БП найбільше розкриття отримали питання організаційно-технологічної надійності тривалості будівництва.

У сучасних умовах реалізації ринкових стосунків отримала розвиток також теорія бізнес-ризиків [79, 145, 148, 156]. В умовах ринкових стосунків вірогідність непередбачених економічних ситуацій багаторазово зростає.

Це особливо характерно для будівельно-інвестиційного процесу, який залежить від регіональних, галузевих, технологічних і інших особливостей.

Таким чином, якісне проектування функціонування будівельного комплексу в умовах ризику можливо тільки на базі комплексного підходу до оцінки організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва, що охоплює основні організаційно-технологічні аспекти виробництва. Окремі аспекти надійності не можуть відбити складний характер взаємодії різноманітних чинників, що визначають стабільність функціонування будівельного комплексу.

Основою забезпечення організаційно-технологічної надійності функціонування будівельного виробництва є системний підхід, системний аналіз чинників, що забезпечують надійність будівництва, розгляд структур, організаційно-технологічних завдань в будівництві з точки зору теорії систем.

Вказані обставини призводять до необхідності дослідження методів оцінки факторів техногенного походження при реалізації процесів будівельного виробництва, а також до впровадження науково обґрунтованих методичних підходів будівельного моніторингу техногенної безпеки функціонування промислових об'єктів. Організаційно-технологічна надійність функціонування будівельних підприємств в умовах просторової і тимчасової невизначеності з урахуванням організації ресурсного забезпечення виробництва будівельно-монтажних робіт з урахуванням реалізації заходів усунення впливу техногенних факторів обумовлює основні принципи організаційно-технологічного проектування будівельного виробництва.

Підсумовуючи, потрібно зазначити, що, насамперед, для забезпечення створення ефективного комплексу методів

дослідження та аналізу раціональності побудови та застосування логістичних систем у ППБС ВП необхідно урахування наступних вище відокремлених чинників і факторів впливу, а саме це – ймовірно-стохастична природа часових параметрів, фактори впливу техногенного походження, попит та пропозиція на ресурсні потоки (потреба та наявність матеріально-технічних ресурсів), можливість зміни якості будівельних матеріалів та конструкцій; відстані виконання БМР від місця розташування джерел ресурсних потоків.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЛОГІСТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ПРОЦЕСАХ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ БУДІВНИЦТВА

2.1 Структурно-логічна концепція дослідження: об'єктно-предметний аналіз, стратегічна мета та комплекс дослідницьких завдань

В результаті огляду літератури, виконаного в першому розділі, виявлено необхідність обґрунтувати з наукової та теоретичної позицій діяльність організацій і підприємств із раціоналізації підходів до побудови логістичних систем ресурсно-календарного забезпечення будівельного виробництва, що тісно пов'язано з прагненням будівельних компаній не лише координувати ресурси замовника, а й брати на себе відповідальність за дотримання запланованих організаційно-технологічних, вартісних, часових та якісних показників підготовчих і будівельно-монтажних робіт, а за згодою сторін – вносити обґрунтовані корективи до цих параметрів у ході реалізації будівельного циклу.

З огляду на викладене, об'єктом дослідження визначено процеси організації матеріально-технічного забезпечення проектів перебудови та нового будівництва об'єктів виробничого призначення, а предметом дослідження – інструментарій формування оптимальних характеристик логістичної системи цих проектів.

Мета роботи полягає в оновленні існуючих та розробці нових моделей організації системи ресурсно-календарного забезпечення проектів перебудови (будівництва) будівель та споруд виробничого призначення в умовах можливого впливу техногенних факторів та невизначеності основних організаційно-управлінських параметрів.

Для досягнення поставленої мети розроблено структурно-логічну схему дослідження (рис. 2.1), що передбачає послідовну реалізацію чотирьох етапів:

1. Аналіз вихідних передумов і методів. Вивчення практики планування окремих матеріальних потоків та комплексної системи ресурсно-календарного забезпечення в проєктах перебудови, дослідження інструментарію оптимізації логістичних систем і оцінка їхньої ефективності.

2. Визначення об'єкта, предмета, мети дослідження, а також наукової гіпотези й ключових завдань, що дозволяють виявити напрями вдосконалення організації логістичних систем ресурсно-календарного забезпечення.

3. Розробка науково-прикладних моделей. Створення та апробація моделей пошуку раціональних параметрів множини логістичних рішень у системі ресурсно-календарного забезпечення проєктів перебудови, реконструкції та нового будівництва в умовах техногенних впливів і невизначеності організаційно-управлінських показників.

4. Уніфікація результатів у методику. Інтеграція розроблених моделей в єдину методичну систему та реалізація її сингулярного прикладного комплексу програмних засобів для подальшого впровадження на будівельних підприємствах і організаціях.

Кожен із перелічених етапів потребує власних методів і моделей – від опрацювання окремих факторів впливу до їх узагальненого поєднання в єдину систему аналізу проєктів ресурсного забезпечення перебудови об'єктів виробничого призначення.

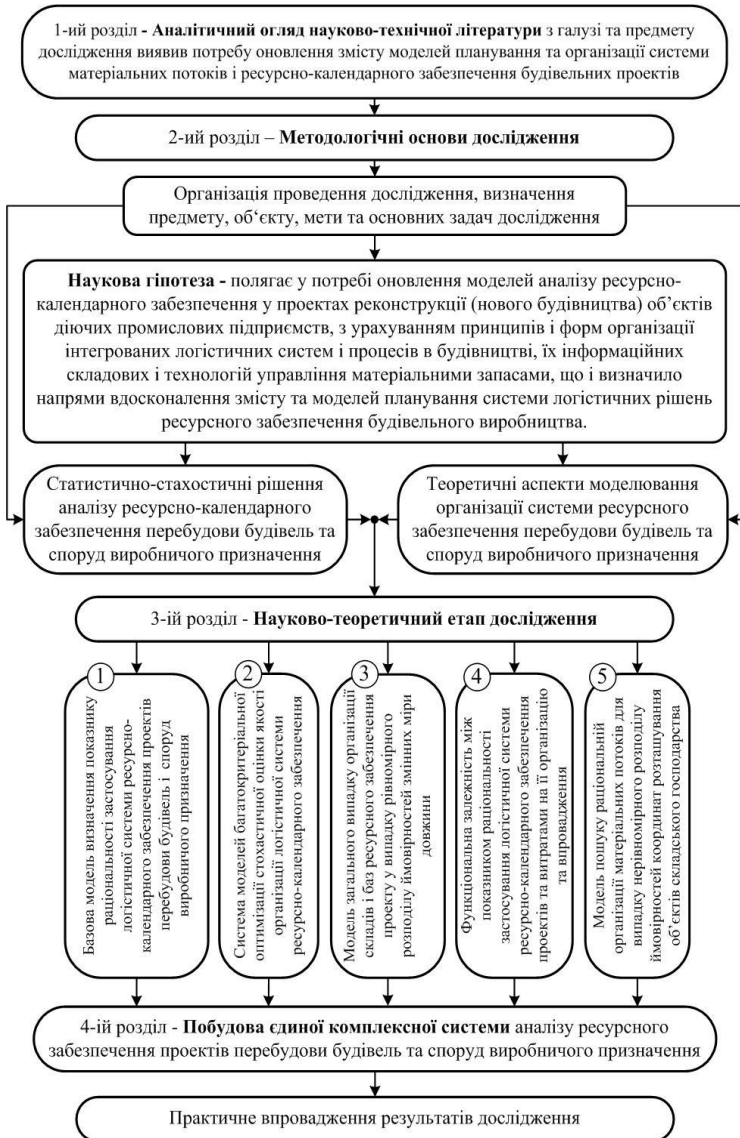


Рисунок 2.1 – Укрупнена структурно-логічна схема дослідження

2.2 Організаційно-методичне забезпечення проведення дослідження

Після формулювання завдань дослідження необхідно окреслити комплекс загальних і спеціалізованих методів та моделей, які були випробувані як у будівельній галузі (зокрема для організаційно-технологічного моделювання), так і в інших секторах, з подальшим запозиченням їх окремих елементів для потреб даної роботи.

Методологічні інструменти диференційовані за етапами й задачами дослідження та враховують практичні передумови (рис. 2.2):

1. Науково-методичне обґрунтування адаптації підсистем РКЗ. Розробка теоретичної бази для налаштування планування, регулювання й контролю ресурсного забезпечення, що забезпечить раціоналізацію управлінських рішень у ході підготовки й реалізації будівельних проєктів.

2. Підвищення стандартів якості БМР і готових об'єктів. Використання методів верифікації та валідації для забезпечення відповідності будівельних робіт державним і міжнародним нормам.

3. Адаптація організаційно-технологічних моделей до сучасних логістичних практик. Інтеграція новітніх логістичних прийомів у існуючі моделі з метою підвищення результативності їх впровадження.

4. Розширення делегованої відповідальності будівельних підприємств. Формалізація підходів до управління ресурсами замовника й якості продукції з метою мінімізації фінансових ризиків і штрафних санкцій.

5. Усунення суттєвих розбіжностей між плановими та фактичними показниками. Застосування моделей виявлення й коригування відхилень для дотримання встановлених строків введення об'єктів в експлуатацію.

6. Реформування структур управління матеріальними потоками. Перегляд організаційної побудови виробництва з

урахуванням змінених взаємодій між учасниками проєктів перебудови будівельних споруд.

7. Жорсткіше дотримання вимог замовника щодо якості та ритмічності робіт. Впровадження процедур моніторингу й оцінки виконання підготовчих та монтажних операцій для своєчасного завершення будівництва.

Кожен із перелічених напрямів визначає специфічні методичні підходи та моделі, які поетапно інтегруються в єдину методику дослідження.

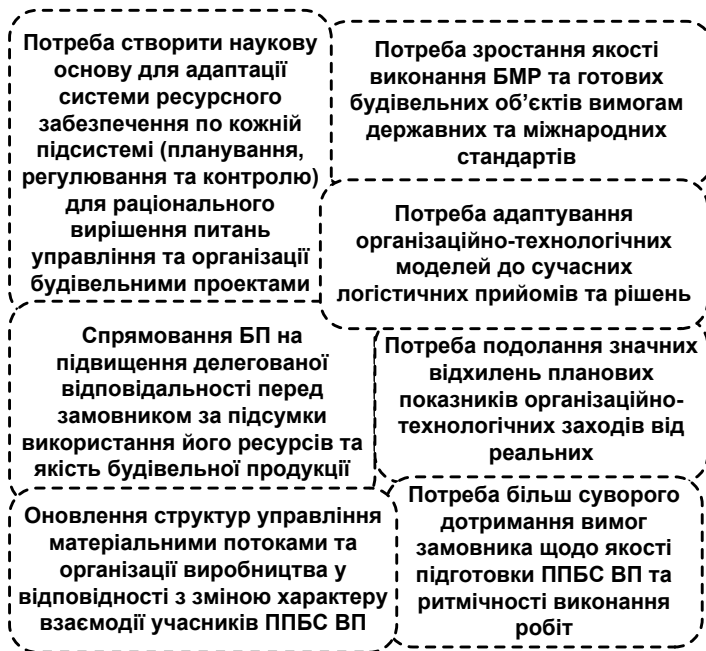


Рисунок 2.2 – Практичні передумови дослідження

Важливу складову джерел, що підлягали критичному огляду, складають ті, де подано огляд та можливості використання методів та моделей прийняття рішень в управлінні та організації будівельного виробництва [61] зокрема тих, що стосуються формування аналітичних моделей

вибору організаційно-технологічних параметрів РКЗ реалізації будівельних проектів БП [15, 16, 40], статистичні методи та моделі в аспекті можливості їх застосування для комплексної оцінки рівня використання ресурсів з врахуванням внутрішніх вимог організації та потреб ринку будівельних робіт та послуг [70, 72, 99, 100], методи і моделі оптимізації [101, 102, 121, 126], в т.ч. багатокритеріальної [4, 10, 26, 133], проблеми формування раціонального складу моделей оптимізації та елементів оцінки достовірності моделей [56, 86, 121].

Моделювання як складова підготовки, розробки та вибору альтернатив, здійснюється за допомогою різних методів. Вибираючи такі методи, необхідно виходити з певних вимог до них. При їх обранні слід керуватися низкою вимог. Згідно з низкою дослідників [4, 111, 118, 154], методи моделювання повинні:

1. Бути адекватними зовнішнім умовам функціонування об'єкта та особливостям різних етапів формування й розвитку ринкових відносин.

2. Максимально враховувати специфіку діяльності об'єкта моделювання та різні способи досягнення його головної мети – збільшення прибутковості.

3. Відповідати характеристикам конкретного типу моделі, що створюється.

За підсумками огляду літератури проведено класифікацію найбільш розповсюджених методів моделювання, елементи та складові яких можуть бути використані при побудові моделей та алгоритмів згідно з цілями даного дослідження.

Ресурсний метод моделювання [138, 140, 136, 158, 163, 166], виділений за ознакою вихідної позиції для розробки моделі із урахуванням ринкових умов господарювання та наявних ресурсів, може застосовуватись за монопольного становища підприємства або за слабкої конкуренції. З посиленням конкурентної боротьби вихідною позицією,

початковим моментом моделювання стають потреби ринку, попит на продукцію (послуги).

Підприємство самостійно виконує цілепокладання, визначає мету (цілі) діяльності і для її (їх) досягнення формує відповідні плани, отже, це має бути концептуально враховано при побудові моделей. Залежно від позиції підприємства на ринку застосовуються й різні принципи визначення кінцевого та проміжних значень показників (параметрів, факторів), які моделюються.

За монопольного становища, браку загрози з боку конкурентів підприємство може сподіватися, що розвиток у майбутньому відбуватиметься зі збереженням тих самих тенденцій. Відтак проміжні та кінцеві (на кінець планового періоду) значення планових показників визначають методом екстраполяції – на підставі динаміки цих показників у минулому, припускаючи, що темпи і пропорції, досягнуті на момент розробки моделі (прогнозу, плану), буде збережено в майбутньому.

Принципово протилежним є інтерполятивний [80, 118, 133], метод, за яким організація встановлює ціль для досягнення її в майбутньому і на цій підставі визначає тривалість прогнозного періоду та проміжні прогнозні показники. Тобто на протилежність поступальному рухові при екстраполяції, інтерполятивний метод передбачає зворотний рух - від встановленої мети та відповідного кінцевого значення планових показників до обчислення проміжних їхніх величин. Для визначення ступеня обґрунтованості показників важливим є виокремлення методів моделювання за способом розрахунку прогнозних (модельованих) показників та факторів моделі [39, 34, 43]:

1. Дослідно-статистичний метод (метод середніх) використовує фактичні статистичні дані попередніх років для встановлення середніх планових показників.

2. **Факторний метод** передбачає розрахунок прогнозних значень на основі впливу ключових детермінант, що зумовлюють динаміку показників (наприклад, продуктивність праці, собівартість тощо).

3. Найбільш точним є **нормативний метод** [22, 104, 138], за якого планові показники формуються на основі прогресивних норм витрачання ресурсів із коригуваннями під організаційно-технічні заходи, реалізовані у плановому періоді. Використання цього підходу вимагає наявності детальної нормативної документації.

4. Уніфікацію потреб із доступними ресурсами забезпечує **балансовий метод** [59, 55, 145, 150, 151]: складаються спеціалізовані баланси (таблиці), в одній частині яких деталізуються всебічні потреби за напрямками використання ресурсів, а в другій – джерела їх надходження. Баланс має бути врівноваженим, тобто загальна сума потреб має відповідати загальній сумі ресурсних надходжень. Такі баланси створюються для матеріальних, трудових і фінансових ресурсів.

5. **Матричний метод** [21, 43, 57, 58, 113, 115] розвиває ідеї балансу, формалізуючи взаємозв'язки між підрозділами підприємства та їхніми показниками у вигляді матриць.

У сучасних реаліях підприємствам доцільно готувати не один, а декілька варіантів прогнозів, застосовуючи механізовані та автоматизовані інструменти – від персональних комп'ютерів до складних обчислювальних комплексів. Візуалізація результатів (таблиці, діаграми, мережеві графіки тощо) є показником рівня організації планової роботи та культури управління на підприємстві.

Економіко-математичні методи моделювання та прогнозування [31–32, 113] дозволяють оптимізувати ключові показники окремих розділів дослідження.

Прогноз (грец. «передбачення») – це науково обґрунтована спроба спрогнозувати майбутній стан об'єкта чи процесу.

У контексті організації чи її ресурсів це означає кількісне та якісне визначення можливих змін рівня розвитку загалом або окремих його складових, а також варіантів і строків досягнення очікуваного результату. Формально, план можна розглядати як прогноз із заздалегідь закріпленими параметрами.

Система методів прогнозування класифікується за джерелами інформації, технологією її обробки та характером отриманих результатів на три групи [26, 32, 80, 160]:

1. **Фактографічні методи**, що спираються на аналіз історичних даних і часових рядів обраних показників.

– **Екстраполяція** – поширення виявлених у минулому тенденцій на майбутнє за припущенням незмінності чинників розвитку.

– **Метод функцій** (автокореляційні функції) – використання взаємозв'язку між сусідніми спостереженнями для мінімізації середньоквадратичної похибки прогнозу.

– **Кореляційно-регресійні моделі** – побудова рівнянь взаємозалежності між результативними та факторними змінними ($Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$) з перевіркою статистичної достовірності вибірки.

– **Факторний аналіз** – прямий (розклад результативного показника на внески факторів) або зворотний (об'єднання факторних ефектів у загальний показник) детермінований аналіз структурних зв'язків.

2. **Евристичні методи**, які ґрунтуються на експертних оцінках, інтерполяції цілей (тобто зворотному плануванню від заданих кінцевих параметрів до розробки проміжних значень) та інших інтуїтивно-логічних підходах [80, 118, 133].

3. **Методи інформаційного моделювання та оптимізації**, що передбачають побудову математичних

моделей із застосуванням сучасних алгоритмів обчислювальної статистики, мережевого аналізу, генетичних алгоритмів тощо для пошуку оптимальних рішень у багатокритеріальних задачах.

Кожна з цих груп методів має свою сферу застосування залежно від рівня конкуренції, доступності даних і необхідної точності прогнозу. Фактографічні підходи доцільні в умовах стабільних трендів та обмеженої конкуренції, тоді як евристичні й оптимізаційні методи стають незамінними при високій невизначеності та багатоваріантності сценаріїв розвитку.

У процесі розв'язання кореляційно-регресійних моделей визначають кількісні параметри залежностей за допомогою методу найменших квадратів, сутність якого полягає в мінімізації суми квадратичних відхилень між спостережуваними й апроксимованими значеннями.

Евристичні методи прогнозування передбачають застосування логічних алгоритмів та методичних правил для формування прогнозних оцінок. Цю групу можна поділити на дві підгрупи:

– Інтуїтивні методи, серед яких найпоширенішими є експертні оцінки та «мозковий штурм».

– Аналітичні методи, до яких належать морфологічний аналіз, побудова «дерев цілей», інформаційне моделювання та оптимізація.

При недостатності статистичних даних використовують метод експертних оцінок, що базується на анкетуванні фахівців. Експертна анкета має забезпечувати:

1. Однозначну кількісну відповідь на кожне питання;
 2. Формалізовану інформацію про джерела аргументації та їх вплив на рішення;
 3. Оцінку експертом власного рівня компетенції в темі.
- Існують два підходи:

– **Індивідуальні оцінки**, коли кожен експерт самостійно формулює свою думку;

– **Групові оцінки**, коли колектив експертів спільно обговорює завдання та виробляє узагальнений висновок.

Метод «мозкового штурму» – це групова техніка, що передбачає вільний обмін ідеями без критики та негативних зауважень, аби спонукати учасників до максимально творчих пропозицій.

Морфологічний аналіз використовує комбінаторний підхід: аналізуються всі можливі поєднання характеристик об'єкта моделювання, що дозволяє синтезувати альтернативні варіанти його розвитку.

Оптимізаційні методи спираються на алгоритми лінійного та нелінійного програмування для пошуку екстремуму цільової функції в межах заданих обмежень.

– **Багатокритеріальна оптимізація** враховує декілька цільових функцій одночасно, поєднуючи локальні рішення за допомогою експертних оцінок, мінімізації матриці втрат чи інших методик.

Отже, аналіз методів моделювання та прогнозування підтвердив актуальність обраної теми дослідження та обґрунтував комплексний підхід до вибору інструментів для вирішення поставлених завдань.

Протягом проведення дослідження застосовувалися такі методи (рис. 2.3):

1. *Процесно-системний аналіз та структурний підхід* – для розширення й класифікації критеріїв та аргументів моделей оптимізації планування діяльності.

2. *Метод аналізу й узагальнення* – під час обґрунтування актуальності теми, формування предметної області, наукової гіпотези, цілей і завдань дослідження.

3. *Теоретико-ігрові, фінансово-аналітичні, експертні та стохастичні методи* – для оцінки альтернативних

варіантів логістичних рішень у будівельних проєктах і вибору найкращих стратегій по всіх ланках логістичного ланцюга.

4. **Статистичний аналіз** – з метою визначення базових технологічних та організаційних характеристик об'єктів дослідження.

5. **Методи оптимального програмування** – для вдосконалення підходів до оптимізації моделей планування логістичних рішень без залучення надскладних алгоритмів.

6. **Систематизація й узагальнення** – для виявлення сучасної практики аналізу логістичних рішень в ресурсно-календарному забезпеченні будівництва та її зв'язку з організаційно-технологічними моделями планування матеріальних потоків.

7. **Методи прийняття рішень та системного аналізу** – для планування часових параметрів реалізації будівельних проєктів і розробки складових моделей моделювання та оперативного планування.

8. **Експериментальні дослідження** – при перевірці обґрунтованості теоретичних положень, висновків та рекомендацій шляхом їх практичної апробації в будівельних і проєктних організаціях.

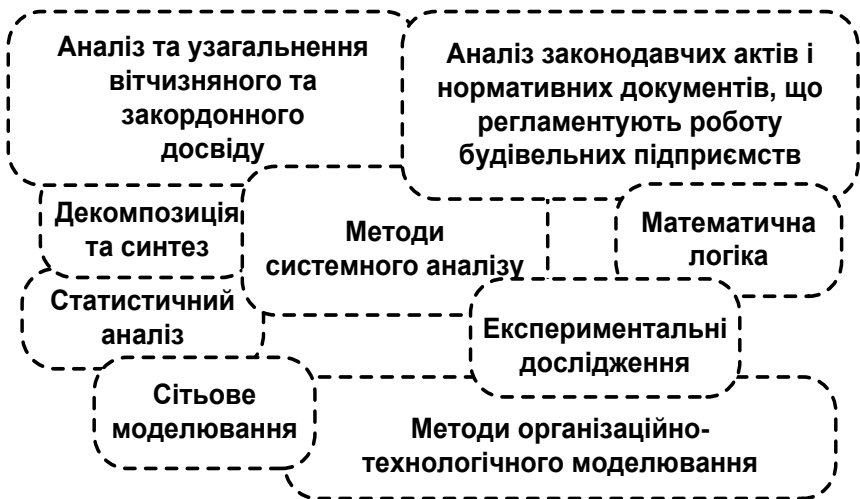


Рисунок 2.3 – Основою дослідження є методи та моделі

Відправною теоретичною основою цього дослідження є наукова гіпотеза, що передбачає необхідність **оновлення моделей аналізу ресурсно-календарного забезпечення** у проєктах реконструкції чи нового будівництва діючих промислових підприємств із врахуванням принципів та структур інтегрованих логістичних систем, інформаційних компонентів і технологій управління матеріальними запасами – що визначає напрями вдосконалення змісту та моделей планування логістичних рішень ресурсного забезпечення будівельного виробництва.

Водночас, на основі обраних загальних методологічних інструментів необхідно включити до параметрів ресурсно-календарного забезпечення додаткові фактори впливу зовнішнього й внутрішнього середовища (п. 1.3), що дозволить з'ясувати потенціал поєднання, інтенсифікації та екстенсифікації елементів логістичної системи ресурсного забезпечення будівельного проєкту.

2.3 Інструментарій дослідження логістичних рішень у системах ресурсно-календарного забезпечення

Важливим напрямком розвитку теорії і практики організації будівельного виробництва є формування комплексного підходу до управління виробничо-комерційною діяльністю будівельного підприємства. Ця необхідність обумовлюється низкою передумов, що проявляється, наприклад, у маркетинговому підході, реінжинірингу бізнес-процесів, однак найбільш яскраво та повно відображається інтеграцією постачальницько-виробничо-розподільних систем, які виражаються логістичними системами планування, організації, управління і контролю руху ресурсних потоків у процесі матеріального забезпечення будівельного виробництва.

Тобто, метою побудови ефективних логістичних систем ресурсно-календарного забезпечення будівництва є оптимізація наскрізного управління сукупністю ресурсних потоків, що складають єдину систему ресурсопостачання. Використання цього підходу дозволяє будівельним підприємствам знизити витрати на управління потоками і поліпшити рівень виконання підрядних послуг.

Огляд дефініцій поняття «**логістика**» (розд. 1) свідчить про їх описовий характер – вони розкривають зовнішні прояви логістики, але недостатньо висвітлюють системний підхід до управління ресурсними потоками. Існуючі дослідження зосереджуються переважно на поточних завданнях матеріально-технічного забезпечення, тоді як питання адаптації потоків до впливу зовнішніх чинників під час транспортування, зберігання й виконання робіт залишаються поза увагою.

У класичному визначенні **ресурсного потоку** [5, 104] він трактується як організований рух внутрішніх, позикових і залучених ресурсів підприємства для досягнення його цілей. Однак у ньому не враховано, що рух матеріалів зумовлений

наявним попитом, є частиною відтворювального циклу з відповідним зустрічним фінансовим потоком і породжує інформаційний супровід кожної операції.

Будівельно-монтажні роботи як процес перетворення факторів виробництва потребують комплексного управління всіма матеріальними та нематеріальними ресурсами, які використовуються для створення кінцевої продукції та послуг. Структура ресурсів, що надходять на вході виробничої системи, формується під впливом стратегічних цілей, а різниця між ресурсами на вході й результатом на виході відображає ефективність використання всіх етапів виробничого циклу.

Управління ресурсним забезпеченням являє собою цілеспрямований вплив учасників процесу на змінювані характеристики логістичного потоку для досягнення поставленої мети шляхом перерозподілу ресурсів. Об'єктом управління в системі управління ресурсним забезпеченням виробничої діяльності є процес руху сукупності потоків ресурсів (логістичний процес), предметом – замкнутий цикл відтворення предметів праці (логістичний цикл), а суб'єктом – учасники логістичного процесу.

У такій інтерпретації будівельна логістика – це системний підхід до формування та управління сукупністю потоків матеріального забезпечення будівництва (ресурсного забезпечення), що повинен забезпечити оптимальне співвідношення вартості та якості обслуговування споживачів будівельної продукції та послуг в умовах ринкової конкуренції за рахунок динамічної стійкості інтегральних характеристик кожного потоку, синергізму їх сукупності й адаптивності в зовнішньому середовищі.

У цьому контексті управління ресурсами слід розглядати як цілеспрямоване регулювання параметрів логістичного потоку (обсягу, часу, якості) шляхом перерозподілу ресурсів для досягнення поставлених цілей [164].

Об'єкт управління в цій системі – процес руху потоків ресурсів (логістичний процес), **предмет** – замкнений цикл відтворення засобів праці (логістичний цикл), **суб'єкти** – учасники логістичних операцій.

Таким чином, будівельна логістика – це системний підхід до організації та контролю руху ресурсів у процесі будівництва, що забезпечує оптимальне співвідношення вартості та рівня обслуговування замовника, критичного дотримання термінів і якості з урахуванням умов ринкової конкуренції.

Конкретизація цього підходу для проєктів перебудови виробничих об'єктів передбачає побудову раціональної логістичної системи, що об'єднує всіх учасників ланцюга постачання – від виробників і постачальників до транспортних компаній і будівельних організацій. Така система дозволяє підвищити ефективність кожної підсистеми: планування, регулювання та контроль ресурсно-календарного забезпечення.

Узагальнений алгоритм удосконалення існуючої логістичної системи ресурсно-календарного забезпечення проєктів перебудови будівель і споруд виробничого призначення (рис. 2.4) містить 5 основних етапів:

1. Аналіз кореляційності ЛС із критичними рішеннями – вивчення впливу чинної логістичної системи на реалізацію проєкту та діяльність будівельного підприємства з метою встановлення ступеня її узгодженості з організаційно-технологічними та стратегічними завданнями проєкту.

2. Аудит дефолтної ЛС РКЗ – ідентифікація сукупності проєктних логістичних рішень і заходів, що вже закладені в проєкті, із одночасним визначенням їхніх умов застосування, обмежень і економічної доцільності. Це передбачає оцінювання існуючих потоків ресурсів, критичний аналіз їх відповідності цілям проєкту та стратегії розвитку підприємства.

3. Модифікація та оптимізація ЛС – розробка й імплементація заходів з поліпшення виявлених недоліків, у тому числі оновлення параметричної бази (норм, стандартів, нормативів), удосконалення підсистеми забезпечення (закупівлі, постачання, складування) та оптимізація функціональних підсистем (планування, координація, контроль).

4. Верифікація ефективності оновленої системи – порівняння показників до й після впровадження змін, оцінювання рівня покращення організаційно-технологічних та економічних результатів, а також визначення рентабельності інвестицій у модернізацію ЛС.

5. Впровадження та масштабування – інтеграція оновленої логістичної системи в оперативну практику проекту перебудови та подальше тиражування її елементів у діяльності всього будівельного підприємства.

При цьому «ресурсний потік» розуміється як узгоджений рух і трансформація матеріальних, фінансових і інформаційних ресурсів у відповідь на платоспроможний попит споживачів, що забезпечує безперервність та збалансованість усіх етапів будівельно-монтажного циклу.

У цьому визначенні підкреслюється, що рух ресурсів виникає при наявності попиту на кінцеву продукцію; рух матеріальних ресурсів є складовою частиною відтворювального циклу, у зв'язку з цим він повинен викликати зустрічний фінансовий потік; усякий рух (як зміна стану) викликає потік сполученої інформації (рис. 2.5).



Рисунок 2.4 – Запропонована методологія існуючої логістичної системи, що розглядається

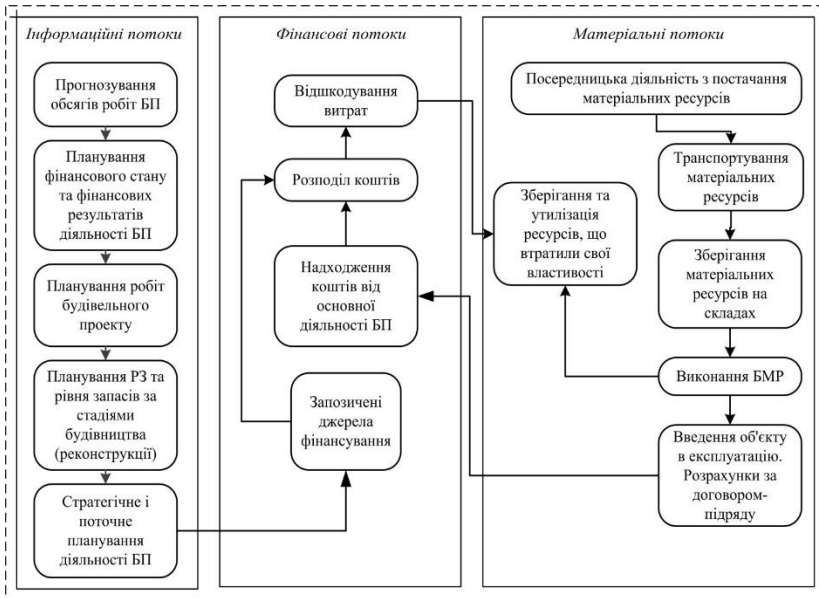


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд структури взаємного зв'язку між складовими логістичної системи

Визначення потреби в ресурсах реалізується через поєднання трьох складових: стратегічних цілей проекту, обсягів необхідних витрат та часових обмежень виконання будівельно-монтажних робіт. Така «тріадна» модель (рис. 2.6) дозволяє:

- аргументувати витратні рішення й планувати розвиток логістичної інфраструктури;
- підвищувати гнучкість ресурсно-календарного забезпечення під впливом ринкових змін;
- оперативно формувати і коригувати альтернативні стратегії управління потоками.

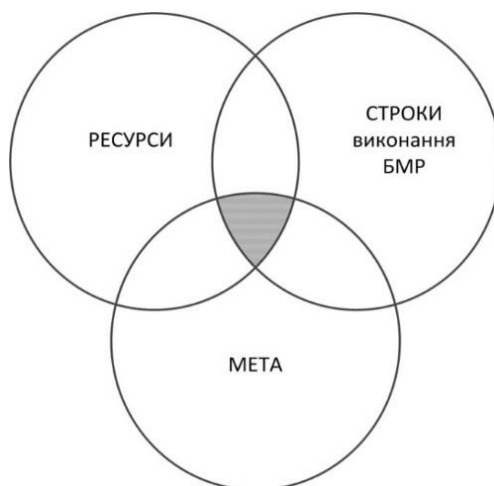


Рисунок 2.6 – Тріадна модель логістичного супроводу будівельного проєкту та стратегічного розвитку підприємства

Запропонована тріадна модель поєднання цілей, ресурсних витрат і календарних меж дає змогу обґрунтувати та оптимізувати управління витратами й розвиток логістичної системи ресурсно-календарного забезпечення будівельного виробництва, підвищивши адаптивність підприємства до ринкових трансформацій.

Фактори, що визначають ресурсну стратегію, поділяються на внутрішні (наявні запаси матеріалів, обладнання, фінанси, персонал) та зовнішні (необхідність залучення додаткових обсягів для подолання стратегічного розриву – різниці між запланованим і фактичним рівнем ресурсного забезпечення). Стратегічний розрив визначається не стільки браком можливості придбати ресурси на ринку, скільки перевищенням їх загальної вартості над бюджетом підрядного контракту. Ігнорування цього розриву загрожує зривом зобов'язань за договором або навіть фінансовим крахом підприємства. У цих умовах першочерговим завданням стає оперативна організація додаткових потоків ресурсів із альтернативних джерел. Порівняння та інтеграція внутрішніх і

зовнішніх чинників дає змогу вибрати оптимальну стратегію формування та розподілу стратегічних ресурсів.

Ключовим чинником поповнення стратегічних запасів будівельного підприємства в обох випадках є здатність налагодити оперативне постачання – організувати додаткові потоки ресурсів із відповідних джерел. Аналіз цих внутрішніх і зовнішніх передумов, визначення обсягу критичних ресурсів і виявлення можливостей їх залучення формують основу для вибору оптимальної ресурсної стратегії.

На етапі календарного планування головним завданням стає швидке й достатньо точно оцінювання потреб у ресурсах та їхнього впливу на графіки виконання робіт, що дає змогу своєчасно розробляти різні альтернативні сценарії. Водночас висока невизначеність реальних календарних планів у будівництві суттєво знижує точність таких прогнозів.

Натомість запропонована методика формування логістичної системи ресурсного забезпечення (рис. 2.7), що деталізує тріадний підхід до поєднання цілей, ресурсних витрат і строків, дозволяє підвищити достовірність планування та гнучкість управління ресурсними потоками в проєктах перебудови й нового будівництва.

Застосування цієї методики дозволяє не лише точніше розраховувати потреби в ресурсах і синхронізувати терміни виконання паралельних завдань, а й за необхідності коригувати їхні параметри в реальному часі.

Оцінка ефективності логістичної системи базується на двох головних критеріях: оптимальному використанні наявних ресурсів підприємства та організації раціонального ресурсно-календарного забезпечення, включно з вибором надійних постачальників [164].



Рисунок 2.7 – Результативна схема створення логістичних систем при РКЗ будівництва

Ресурсний потенціал - це узагальнююча характеристика усіх видів наявних виробничих ресурсів БП, що можуть бути використані для досягнення його стратегічних (стратегічний потенціал) і поточних (виробничий потенціал) цілей. Ресурсний потенціал БП складається з таких елементів: чітко визначені цілі використання ресурсів; наявні ресурси підприємства, які можуть бути використані для досягнення його цілей (стратегічних та поточних); виробничі можливості підприємства, структурні та кількісні характеристики ресурсів, які необхідні для повного використання цих можливостей.

Різноманітність, специфічність і складність РКЗ підприємства, а також неабиякий вплив ходу і динаміки процесу використання виробничих ресурсів на ефективність функціонування виробничо-економічної системи у цілому, обумовлюють необхідність застосування комплексного системного підходу щодо вирішення проблеми управлінського регулювання процесів формування та використання матеріальних ресурсів.

Його реалізація передбачає створення на підприємстві спеціалізованої логістичної системи, що інтегрує планування, координацію і контроль усіх етапів ресурсного забезпечення будівельного виробництва.

2.4 Теорія побудови моделей ресурсно-календарного забезпечення проєктів перебудови виробничих об'єктів

На основі класифікації типових варіантів логістичних систем ресурсно-календарного забезпечення в проєктах перебудови та нового будівництва розроблено уніфіковану модель обчислення показника $P_{ЛС-РКЗ}$, що відображає ступінь раціональності застосування таких систем. У якості основи єдиної системи ЛС РКЗ проаналізовано можливі загальні випадки ЛС РКЗ.

Згідно з цією моделлю:

$$P_{\text{ЛС-РКЗ}} = \frac{\Psi\{L, L_{\text{ПР}}, V\}}{\{B \cdot (L_{\text{ПР}}/\lambda_{\text{БМР}}) \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] + \Psi\{L, V\}\}}, \quad (2.1)$$

де $\lambda_{\text{БМР}}$ – коефіцієнт, який відображає величину збитків до початку БМР по ліквідації ВТФ;;

Ψ – монотонно зростаюча функція показників відстані та часу;

V – швидкість впровадження відповідних рішень РКЗ по забезпеченню ППБС ВП матеріально-технічними ресурсами;

$L_{\text{ПР}}$ – відстань від постачальників ресурсів до складського господарства (або проміжного складу);

t – момент часу організації потрібних (або додаткових) складів для забезпечення ЛС РКЗ;

$T > t$ – момент часу, в якій на відстані L від складського господарства виникає необхідність виконання БМР;

$\beta = \ln(1 - \rho)$ – логарифмічний коефіцієнт вартості, ρ – вартість коштів;

$t_{\text{Д}} = \frac{L}{V}$ – час постачання у випадку організації РКЗ без додаткових складів;

B – вартість відповідних рішень РКЗ;

$t_{\text{Д}} = (L + L_{\text{ПР}})/V$ – час постачання для випадку організації РКЗ із додатковим складським господарством;

ППБС ВП із запропонованою ЛС РКЗ має розглядатися у випадках, коли $P_{\text{ЛС-РКЗ}}$ більше ніж, чим межеве значення доцільності впровадження відповідних заходів організації логістичної системи та потребує додаткового розгляду ЛС РКЗ у випадках, коли $P_{\text{ЛС-РКЗ}}$ відповідно, менше за межеве значення, де умова має наступне загальне визначення:

$$B \cdot (L_{\text{ПР}}, \lambda_{\text{БМР}}) \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] < \Psi\{(L + L_{\text{ПР}}), V\} - \Psi\{L, V\} \quad (2.2)$$

Отже, при побудові загальної моделі логістичної системи ресурсно-календарного забезпечення (ЛС РКЗ) із урахуванням

впливу техногенних факторів (ВТФ) у складі проєктів перебудови виробничих об'єктів (ППБС ВП) до її витратної частини включаються зобов'язання з організації складських запасів, транспортних операцій та ліквідації наслідків ВТФ. Якщо ЛС РКЗ не впроваджена, витрати на усунення техногенних наслідків розглядаються як окремий негативний грошовий потік. Економічну ефективність запровадження ЛС РКЗ можна оцінити за величиною зниження витрат на подолання ВТФ порівняно з альтернативним варіантом без системи [164].

У межах дослідження були розглянуті типові конфігурації ЛС РКЗ та на їхній основі створено уточнену формалізовану модель обчислення показника $P_{\text{ЛС-РКЗ}}$ раціональності впровадження ЛС РКЗ у ППБС ВП, що передбачає:

$$P_{\text{ЛС-РКЗ}} = \frac{\Psi\{(L + L_{\text{ПР}}), V\}}{\left\{ B \cdot \left(\frac{L_{\text{ПР}}}{\lambda_{\text{БМР}}} \right) \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] + \Psi\{L, V\} \right\}} \quad (2.3)$$

де уточнені складові мають наступні пояснення:

$\lambda_{\text{БМР}}$ – коефіцієнт з числовим значенням, який виражає величину збитку до початку БМР по ліквідації ВТФ;

Ψ – монотонно зростаюча функція показників відстані та часу;

V – швидкість впровадження відповідних рішень РКЗ по забезпеченню ППБС ВП матеріально-технічними ресурсами;

$L_{\text{ПР}}$ – відстань від постачальників ресурсів до складського господарства будівельної організації (або проміжного складу);

t – момент часу організації потрібних (або додаткових) складів для забезпечення ЛС РКЗ

$T > t$ – момент часу, в якій на відстані L від складського господарства виникає необхідність виконання БМР;

$\beta = \ln(1 - \rho)$ – логарифмічний коефіцієнт, ρ – вартість коштів;

$t_D = L/V$ – час доставки у випадку організації РКЗ без додаткових складів;

$t_D = (L + L_{\text{ПР}})/V$ – час доставки для випадку організації РКЗ із додатковим складським господарством;

B – вартість відповідних рішень РКЗ.

Таким чином, ППБС ВП із запропонованою ЛС РКЗ має розглядатися у випадках $\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}} > 1$ та потребує додаткового розгляду ЛС РКЗ у випадках $\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}} < 1$, де умова $\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}} > 1$ має наступне загальне визначення:

$$B \cdot (L_{\text{ПР}}/\lambda_{\text{БМР}}) \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] < \Psi\{(L + L_{\text{ПР}}), V\} - \Psi\{L, V\}. \quad (2.4)$$

Проведений статистичний аналіз показників виразу (2.4) виявив, що у більшості випадків функція Ψ лінійна, а саме:

$$\Psi\{(L + L_{\text{ПР}}), V\} = \frac{(L + L_{\text{ПР}})}{V} \quad (2.5)$$

тоді вираз (2.4) набуває наступного вигляду:

$$B \cdot L_{\text{ПР}} \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] < \lambda_{\text{БМР}}. \quad (2.6)$$

Висновки, отримані внаслідок дослідження залежності, можна сформулювати так: для досягнення оптимального функціонування ЛС РКЗ необхідно мінімізувати три складові – сумарні витрати на впровадження рішень, швидкість їх реалізації та вартість фінансових ресурсів, а також забезпечити рівність $T = t$ для зменшення темпу приросту збитків від впливу техногенних факторів ($\lambda_{\text{БМР}}$).

Досить часто виникає потреба обрати один із декількох варіантів реалізації ППБС ВП через обмеженість фінансування або нестабільність джерел коштів. У таких випадках доцільно ранжувати проекти за пріоритетністю, незалежно від їхньої взаємозалежності чи виключності. З якісної точки зору всі критерії ранжування мають рівний статус, але в кількісній

інтерпретації коефіцієнт ефективності ППБС ВП як відносний показник є найбільш інформативним.

Значне значення цього коефіцієнта вказує на високу надійність вибраного проєкту навіть за умов невизначеності.

Математичні приклади довели, що ЛС РКЗ ППБС ВП демонструє прийнятну надійність за таких умов дисконтування:

– для лінійного закону зростання збитків ставка дисконту не повинна перевищувати 20 % ($e < 0,2$ $e < 0,2$);

– для квадратичного закону – не більше ніж 10 % ($e < 0,1$ $e < 0,1$).

РОЗДІЛ 3. ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ КАЛЕНДАРНО- РЕСУРСНОГО ПЛАНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Оптимізація методик оцінювання показників логістичних рішень на етапі організації будівництва

Отриманий базовий показник раціональності застосування ЛС РКЗ у ППБС ВП залежить від ймовірності ВТФ, тому модель визначення показнику повинна також враховувати стохастичну природу явищ, які пов'язані із ВТФ, що також має бути відображено у моделі.

Отже, модель обчислення $P_{ЛС-РКЗ}$ повинна відобразити стохастичність явищ, пов'язаних із ВТФ. З огляду на це, у дослідженні уточнено низку ключових параметрів.

Нехай L – випадкова величина, яка описує відстань до місця проведення БМР і змінюється в межах $L \in [0, K]$ з щільністю розподілу $\Psi(L)$.

Інтервал $[0, K]$ містить нескінченну множину точок із координатами вздовж траси постачання (рис. 3.1).

Вважатимемо, що відстань від основного постачальника РЗ ППБС ВП до початку відліку (точка $L = 0$) дорівнює $L_{пр}$, а додатковий склад розміщений у точці з координатою $L = K_0$.

Тоді, $P_{ЛС-РКЗ}(ВТФ)$ для квадратичної функції ВТФ буде мати вигляд:

$$P_{ЛС-РКЗ}(ВТФ) = \frac{\lambda_{БМР} \cdot M_0 \cdot (L + L_{пр})^2}{\exp[\beta(T-t)] B(L_{пр} + K_0) + \lambda_{БМР} M_0 (L - K_0)^2}, \quad (3.1)$$

де M_0 – математичне очікування.

Оптимального значення показник $P_{ЛС-РКЗ}(ВТФ)$ набуває у випадку, якщо знаменник приймає мінімальне значення. Таким чином, після математичних перетворень похідної залежності (3.1) отримаємо:

$$P_{\text{ЛС-РКЗ}} = ((M + L_{\text{ПР}})^2 + D) / (\exp[\beta(T - t)]BV^2(M + L_{\text{ПР}})(\lambda_{\text{БМР}})^{-1} - \exp[2\beta(T - t)]B^2V^4(2\lambda_{\text{БМР}})^{-2} + D). \quad (3.2)$$

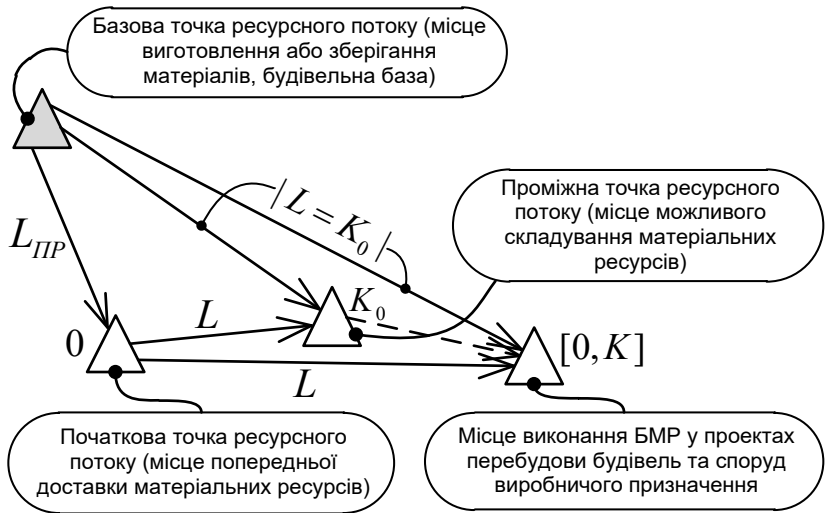


Рисунок 3.1 – Узагальнена схема організації системи ресурсного забезпечення ППБС ВП із додатковим складом ($L = K_0$) [15]

Отже, критерієм доцільності впровадження ППБС ВП разом із розробленою логістичною системою ресурсно-календарного забезпечення, за умови врахування ймовірного характеру виникнення витратно-тимчасових факторів, виступає наступна умова:

$$\frac{\exp[\beta(T - t)] \cdot B \cdot V^2}{2 \cdot \lambda_{\text{БМР}}} < (M + L_{\text{ПР}}) + \sqrt{(M + L_{\text{ПР}})^2 + D}. \quad (3.3)$$

Аналіз нерівності (3.3) дозволяє сформулювати низку висновків. Оптимального значення показник $P_{\text{ЛС-РКЗ}}$ ($ВТ\Phi$) набуває у випадку, якщо знаменник приймає мінімальне значення. Якщо нерівність не виконується, то ППБС ВП потребує додаткового розгляду запропонованої ЛС РКЗ при

будь-якому розташуванні додаткової бази РЗ; якщо нерівність виконується, то існує варіант оптимального розташування додаткової бази РЗ у запропонованій ЛС РКЗ [15].

Навпаки, при виконанні нерівності можна зробити висновок про наявність оптимального варіанта розміщення додаткової бази ресурсного забезпечення в межах запропонованої логістичної моделі.

У цьому випадку таке розташування визначається аналітичним виразом (3.2). Спираючись на залежність (3.2), у дослідженні було сформовано математичну модель, яка описує загальний сценарій організації складів та баз ресурсного забезпечення для умов рівномірного розподілу ймовірності розміщення будівельно-монтажних робіт.

$$\Psi_1(L) = \frac{L}{K}, L \in [0, K], \quad (3.4)$$

де раціональна кількість складів Ω для обраного варіанту ЛС РКЗ проекту визначається з умови:

$$\exp[\beta(T - t)] \cdot [B \cdot L_{\text{ПР}} \cdot \Omega + 0,5BK(\Omega + 1)] + \frac{\lambda_{\text{БМР}} \cdot K^2}{24S^3}, \quad (3.5)$$

після математичних перетворень дорівнює:

$$\Omega = \sqrt[4]{\frac{\lambda_{\text{БМР}} \cdot M^2 \cdot \exp[-\beta(T - t)]}{4B(2L_{\text{ПР}} + M)}}, \quad (3.6)$$

що, в свою чергу, дозволяє обґрунтовано визначити оптимальну кількість пунктів ресурсного забезпечення проекту для кожного з альтернативних варіантів логістичної системи РКЗ ще на етапі аналітичного обґрунтування організаційно-управлінських рішень.

Отримані моделі визначення показників $P_{\text{ЛС-РКЗ}}$ та $P_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ})$ не враховують якісні характеристики попиту та пропозиції потоку РЗ ППБС ВП, які були покладені як постійні величини (константи), що дорівнюють одна одній. На практиці,

навпаки, така модель організації ЛС РКЗ є нереальною, тому отримані моделі потребують подальшого вдосконалення у частині урахування випадковості величин попиту та пропозиції.

Показник $\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H)$ у моделі визначення раціональності застосування запланованої ЛС РКЗ у ППБС ВП із врахуванням якісних характеристик потоку РЗ (попиту, пропозиції та випадкової величини потоку), у відповідності до отриманих у дослідженні результатів, має наступну залежність:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H) &= \lambda_{\text{БМР}}[(M + L_{\text{ПР}})^2 + D] / \\ & / \lambda_{\text{БМР}} \cdot \exp(-\eta H) \cdot [(M + L_{\text{ПР}})^2 + D = (\eta H + 1)(M^2 + D)] + H \cdot B \cdot L_{\text{ПР}} \cdot \\ & \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] + \lambda_{\text{БМР}} \cdot (M^2 + D). \end{aligned}$$

Якщо позначити параметр $W = \eta \cdot H$ то умова оптимізації величини потоку РЗ:

$$\varphi \cdot W + \delta \cdot [1 - (W + 1) \cdot \exp(-W)] + \exp(-W) \rightarrow \min, \quad (3.7)$$

де

$$\varphi = \frac{L_{\text{ПР}} \cdot B \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)]}{\lambda_{\text{БМР}} \cdot [(M + L_{\text{ПР}})^2 + D]}; \quad \delta = \frac{M^2 + D}{(M + L_{\text{ПР}})^2 + D}$$

Тому, із урахуванням (3.2), остаточний вираз $\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H)$ для випадку оптимальної величини потоку РЗ буде:

$$\Pi_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H) = \frac{N_1^2}{N_2^2}, \quad (3.8)$$

де

$$\begin{aligned} N_1^2 &= \lambda_{\text{БМР}} \int_{0, K} \Psi(L + L_{\text{ПР}}) \cdot \Psi_1(L) \cdot Z_0 dL, \\ N_2^2 &= H \cdot B \cdot \exp[\beta \cdot (T - t)] \cdot (2L_{\text{ПР}} + K_0) + \\ & + \lambda_{\text{БМР}} \int_{0, H} Z \cdot \Psi_2(Z) dZ \cdot \int_{0, H} \Psi[\min(L, |L - K_0|) \cdot \Psi_1(L)] dL + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +\lambda_{\text{БМР}} \int_{H,2H} (Z - H) \cdot \Psi_2(Z) dZ \cdot \int_{0,K} \Psi[\max(L, |L - K_0|) \cdot \Psi_1(L)] dL + \\
& +\lambda_{\text{БМР}} \int_{2H,\infty} (Z - 2H) \cdot \Psi_2(Z) dZ \cdot \int_{0,K} \Psi(L + L_{\text{ПР}}) \cdot \Psi_1(L) dL.
\end{aligned}$$

Аналіз виразу (3.3) дозволяє зробити наступні узагальнення: якщо попит $Z < H$ то такий попит повинен задовольнятися з найближчого складу; якщо $H < Z < 2H$, то недостатня величина потоку РЗ повинна бути задовільнена з іншого складу; якщо $2H < Z$, то різниця $(Z - 2H)$ задовольняється з бази.

3.2 Методика розрахунку параметрів РКЗ для перебудови виробничих споруд з урахуванням логістичних та матеріалознавчих чинників

Наведена модель оптимізації показника $P_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H)$ є моделлю багатокритеріальної оптимізації, так як оптимізується за двома критеріями K_0 та H , що дозволяє врахувати існуючий попит, пропозицію та визначити відповідне оптимальне значення потоку РЗ.

Модель визначення $P_{\text{ЛС-РКЗ}}(\text{ВТФ}, H)$ є детермінованою по відношенню до показників часу, тобто не враховує випадковість моменту T , і, таким чином, не відображає невизначеність часу ВТФ на БМР ППБС ВП.

Стохастичність моменту часу T не тільки ускладнює задачу пошуку раціональної ЛС РКЗ, а й певною мірою змінює зміст задачі. У детермінованому випадку T фактичний час t організації потоку РЗ повинен бути якомога найближчий до показнику T . У випадку стохастичного значення $T = t$ визначення фактичного t набуває ймовірнісної складової та, крім того, з'являється ймовірність наступного співвідношення $T < t$, що призведе до додаткових збитків (а, таким чином, і

ефективності організації ЛС РКЗ). Для врахування невизначеності часових параметрів ВТФ та організації відповідних заходів РКЗ у третьому розділі дослідження побудовано модель визначення вдосконаленого показника раціональності ЛС РКЗ у ППБС ВП - $\Pi_{ЛС-РКЗ}(ВТФ, Н, t)$, згідно із якою:

$$\Pi_{ЛС-РКЗ}(ВТФ, Н, t) = \frac{N_1^4}{N_2^4}, \quad (3.9)$$

де σ – інтенсивність потоку відказів у ППБС ВП,

$$\begin{aligned} N_1^4 &= (L_{ПР} - M)^2 + D^2, \\ N_2^4 &= \frac{B(\sigma + \beta)^2 \cdot (Z_0 + L_{ПР})(1 + \sigma \cdot t) \cdot \exp[-(\beta + \sigma) \cdot t]}{\lambda_{БМР} \cdot \sigma^2} \\ &+ \frac{[(M - Z_0)^2 + D] \cdot \exp[-(\beta + \sigma) \cdot t]}{[1 + (\sigma + \beta) \cdot t]^{-1}} + \\ &+ [(L_{ПР} - M)^2 + D] \cdot \{1 - [1 + (\sigma + \beta) \cdot t] \cdot \exp[-(\beta + \sigma) \cdot t]\}. \end{aligned}$$

Отримані залежності аналізу ЛС РКЗ ППБС ВП дозволяють отримати функціональну залежність між показником $\Pi_{ЛС-РКЗ}(ВТФ, Н, t)$ та витратами на організацію та впровадження ЛС РКЗ проекту $B_{РКЗ}$:

$$\begin{aligned} \Pi_{ЛС-РКЗ}(ВТФ, Н, t) &= \lambda_{БМР} \cdot \left[\frac{(L + L_{ПР})}{V} \right]^2 \cdot \exp(-\beta T) / \\ / B_{РКЗ} + B L_{ПР} \Phi_{ЛЗ} \cdot \exp(-\beta T) &+ \lambda_{БМР} \left[\frac{(L - Z_0)}{V} \right]^2 \cdot \exp(-\beta T), \quad (3.10) \end{aligned}$$

$$B_{РКЗ} = [B_{ЛЗ} + B(L_{ПР} + Z_0)] \cdot \Phi_{ЛЗ} \cdot G_{ВТФ}. \quad (3.11)$$

що дозволяє дослідити різні варіанти організації системи РКЗ проекту в умовах ВТФ та невизначеності провідних організаційно-управлінських параметрів.

3.3 Оптимізаційна модель параметрів логістичних рішень у системі РКЗ для об'єктів промислової реконструкції

Потрібно зазначити, що у моделі багатокритеріальної оптимізації параметрів ефективності застосування існуючої ЛС РКЗ проекту із урахуванням ВТФ було зроблене припущення, що ресурси, які використовуються не змінюють своїх властивостей і тому, можливі одночасні витрати на організацію, впровадження ЛС РКЗ проекту та забезпечення ППБС ВП ресурсами. Але, у разі втрати якості матеріалу (старіння, псування, ВТФ тощо) через деякий проміжок часу після його доставки, матеріал псується і в якийсь момент запаси системи РЗ ППБС ВП зменшуються та прагнуть до нульового значення. Тому постачання зіпсованого матеріалу необхідно повторювати ще й ще, до моменту попиту.

Отже, необхідно виконати щонайменше дві поставки, що вносить свої корективи у розроблену ЛС РКЗ та ускладнює своєчасне забезпечення проекту необхідними матеріалами і збільшує проектні витрати. Розглянуті зазначені особливості у запропонованих моделях оцінки ЛС РКЗ.

Однак у практичних умовах така сталість властивостей матеріалів не гарантується: з плином часу, внаслідок процесів старіння, псування або втрати товарної форми, якість будівельних матеріалів знижується, що призводить до зменшення запасів придатних до використання матеріалів у системі ресурсного забезпечення. В окремих випадках кількість придатного матеріалу може навіть прагнути до нуля ще до моменту виникнення реального попиту.

У результаті постає необхідність повторного постачання того самого виду ресурсів, що спричиняє додаткові витрати й ускладнює оперативне задоволення потреб проекту. Таким чином, одноразове постачання на момент часу t може бути неефективним, і виникає потреба принаймні в дворазовому постачанні, що обов'язково має враховуватись при розробці оновленої структури ЛС РКЗ [164].

Особливістю математичної постановки буде те, що однієї поставки у момент часу t буде недостатньо для задоволення ВТФ та попиту, який виникне пізніше. Припустимо, що деякий матеріал, який було доставлено в момент часу t у кількості O^m , після зберігання на протязі деякого часового відрізка, починає втрачати свої властивості у момент часу t .

Нехай у деякий момент часу t доставляється певна кількість матеріалу M , і після зберігання протягом інтервалу часу Δt цей матеріал починає втрачати початкові характеристики. У цьому разі фактичний обсяг ресурсу, придатного до використання згідно з початковим попитом, визначатиметься як:

$$O^m(t) = O^m \cdot \alpha \cdot (\tau - t), \quad (3.12)$$

де функція $\alpha(\tau - t) = \alpha(Q)$ має наступні властивості: $\alpha(Q) = 1$ та $\alpha(Q) \rightarrow 0$, при $Q \rightarrow \infty$.

Враховуючи експоненціальний розподіл змінної часу, запишемо вираз для залежності потрібної кількості від часу:

$$O_i^m = O_0^m \cdot \exp[-\varphi_{\text{ЛР}} \cdot |i - Y| \cdot \Delta t], \quad (3.13)$$

де $T_{\text{ср}} = Y \cdot \Delta t$ – середнє значення часу T ,

$\varphi_{\text{ЛР}}$ – логістичний параметр управління.

Сенс виразу (3.13) зводиться до простого логічного принципу: найбільший обсяг постачання матеріалів має здійснюватися найближче до моменту очікуваного попиту. У моменти часу, що значно віддалені від цього періоду, величина ресурсного потоку повинна зменшуватися.

Аналіз взаємозв'язку параметрів Q_0^m , $\varphi_{\text{ЛР}}$ та Δt дозволить сформулювати наступні висновки:

1. Якщо постачання відбувається надто часто (мале значення Δt при великому Y), то витрати зростають. Якщо ж Δt велике (тобто постачання рідке), існує ризик, що матеріал до моменту попиту втратить свою якість або буде майже повністю втрачений.

2. За умов малого значення Q_0^m , поточна кількість матеріалу буде недостатньою, і знадобиться додаткова доставка з бази. Якщо ж Q_0^m велике, то логістичні витрати на транспортування зростають, і частина матеріалу може залишитися невикористаною.

3. Регулювання інтенсивності підвозу матеріалу повинно здійснюватися шляхом зміни значення параметра $\varphi_{\text{ДР}}$. Якщо $\varphi_{\text{ДР}}$ мале, витрати будуть високими, оскільки кожна поставка здійснюється в однаковому обсязі. Якщо $\varphi_{\text{ДР}}$ занадто велике, виникає ризик браку матеріалу в момент попиту.

4. Кінцеве рішення значною мірою залежить від функції, яка описує зміну якісних властивостей матеріалу. Якщо така функція показує стрімке погіршення якості, зростає ймовірність значних додаткових витрат: крім вартості доставки, необхідно враховувати втрати від псування матеріалу.

Таким чином, модель оцінки доцільності ЛС РКЗ проєкту має бути подана у функціональній формі, де в якості критеріїв виступають параметри організації системи ресурсного забезпечення ППБС ВП. У межах даного дослідження була розроблена відповідна модель, що формулюється як система рівнянь для $L = 0$.

$$\Psi(L) = \lambda_{\text{БМР}} \cdot L^2 - \text{функція ВТФ};$$

$\Psi_2(L) = \eta \cdot \exp(-\eta \cdot f)$ – функція розподілу величини попиту;

$\Psi_3(T) = \sigma \cdot \exp(-\sigma \cdot T)$ – функція розподілу моменту часу T ;

$t_i = i \cdot \Delta t$, $i = 1, 2, \dots$; – моменти часу ресурсних поставок;

$O_i^m = O_0^m \cdot \exp(-\varphi \cdot |t_i - T_{\text{cp}}|)$ – залежність потрібної кількості матеріалу від часу;

$$\alpha(Q) = \exp(-\Delta \cdot Q) - \text{функція втрати якості матеріалом.}$$

Провівши необхідні математичні перетворення отримуємо, що показник $\Pi_{ЛС-РКЗ}(\alpha(Q))$ у цьому випадку буде мати значення [19]:

$$\Pi_{ЛС-РКЗ} = N_1^5 / N_2^5, \quad (3.15)$$

де

$$N_1^5 = \frac{\lambda_{БМР}[(M + L_{ПР})^2 + D] \cdot \sigma}{(\sigma + \beta)};$$

$$N_2^5 = B \cdot L_{ПР} \cdot Q_0 \cdot S(\varphi, \Delta t) + \lambda_{БМР} \cdot \{(1 - J_1 - J_2) \cdot (M^2 + D) + J_1 \cdot [(M + L_{ПР})^2 + D]\}.$$

Для визначення раціонального стану ЛС РКЗ показник $\Pi_{ЛС-РКЗ}(\alpha(Q))$ проаналізовано за кожним з організаційно-управлінських параметрів:

$$\Pi_{ЛС-РКЗ}(\alpha(Q)) = \max_{Q_0, \varphi, \Delta t} \{\Pi_{ЛС-РКЗ}\},$$

де оптимальні значення параметрів Q_0 , φ та Δt можливо знайти за допомогою наступної системи рівнянь:

$$\frac{dq}{dQ_0} = q_1(Q_0, \varphi, \Delta t) = 0;$$

$$\frac{dq}{d\varphi} = q_2(Q_0, \varphi, \Delta t) = 0;$$

$$\frac{dq}{d\Delta t} = q_3(Q_0, \varphi, \Delta t) = 0;$$

$$q = Q_0 \cdot L_1 \cdot S(\varphi, \Delta t) + L_2 \cdot (1 - J_1 - J_2) + J_1.$$

Або перетворивши отримуємо:

$$q_1 = L_1 \cdot S(\varphi, \Delta t) - \frac{dJ_1}{dQ_0} - (L_2 - 1) \cdot \frac{dJ_2}{dQ_0} = 0;$$

$$q_2 = L_1 \cdot Q_0 \cdot \frac{dS(\varphi, \Delta t)}{d\varphi} - \frac{dJ_1}{d\varphi} - (L_2 - 1) \cdot \frac{dJ_2}{d\varphi} = 0;$$

$$q_3 = L_1 \cdot Q_0 \cdot \frac{dS(\varphi, \Delta t)}{d\Delta t} - \frac{dJ_1}{d\Delta t} - (L_2 - 1) \cdot \frac{dJ_2}{d\Delta t} = 0.$$

Рішення загального рівняння системи зводиться до рішення задачі Коши (диференціальної задачі з початковими умовами) методами чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь:

$$\widehat{M}_1 \times \left\{ \frac{dQ_0}{dt}, \frac{d\varphi}{dt}, \frac{d\Delta t}{dt} \right\} = \widehat{M}_2,$$

$$\widehat{M}_1 = \begin{vmatrix} dq_1/dQ_0 - 1 & dq_1/d\varphi & dq_1/d\Delta t \\ dq_2/dQ_0 & dq_2/d\varphi - 1 & dq_2/d\Delta t \\ dq_3/dQ_0 & dq_3/d\varphi & dq_3/d\Delta t - 1 \end{vmatrix};$$

$$\widehat{M}_2 = \{ [Q_0 - q_1(Q_0, \varphi, \Delta t)], [\varphi - q_2(Q_0, \varphi, \Delta t)], [\Delta t - q_3(Q_0, \varphi, \Delta t)] \}.$$

Рішення задачі Коши було виконано за допомогою методу Рунге-Кута та були отримані результати залежності стану ЛС РКЗ та її ефективності від параметрів організації системи ресурсного забезпечення ППБС ВП – дистанція до проведення БМР, функції зміни якості матеріалами, розподілу та величини попиту, функції ВТФ.

3.4 Адаптивне управління матеріальними потоками в логістичних системах з просторовими обмеженнями

Отриманий комплекс моделей розглядає відстань до місця виконання БМР (та, відповідно, розташування складського господарства) у ЛС РКЗ, що аналізується, як змінну із рівномірним розподілом. Для урахування ситуацій наявності параметру L_j із нерівномірним розподілом у дослідженні розроблена модель пошуку раціональної організації

матеріальних потоків для випадку нерівномірного розподілу координат об'єктів складського господарства.

Задача оптимізації розташування баз та складів для випадку нерівномірного розподілу координат виконання БМР, складів, баз значно складніша ніж у випадку рівномірного розподілу, тому що усі координати L_j об'єктів є невідомими та розташовані на відріжку $L \in [0, K]$ нерівномірно.

Загальні витрати F_j на організацію ЛС РКЗ ППБС ВП для випадку детермінованого попиту з урахуванням можливих витрат від ВТФ є функціями координат L_j, L_2, \dots, L_τ . Тоді отримуємо задачу оптимізації, яка, з урахуванням лінійних обмежень на координати L_j, L_2, \dots, L_τ , є стандартною задачею математичного програмування.

Таким чином:

$$F_1(L_1, L_2, \dots, L_M) = F_{11} + F_{12} = B_1 \cdot \hat{M}_{\text{ЕЦ}} \cdot L_{\text{ID}} \cdot M + B_2 \cdot \hat{M}_{\text{ЕЦ}} \sum_{i=1, M} L_j \quad (3.16)$$

Для визначення величини можливих витрат від ВТФ (для відповідного корегування ЛС РКЗ) необхідно знайти математичне очікування відстані до найближчого об'єкту:

$$M[\hat{X}] = \sum_{i=1, n} \{2L_i \cdot \Psi(L_i) - L_i[\Psi(b_i) + \Psi(a_i) - 2S(L_j) + S(b_i) + S(a_i)]\} \quad (3.17)$$

Отримано задачу нелінійного програмування, рішення якої пов'язано із ітераційним процесом пошуку оптимального стану системи, де в якості начального припустимого стану можливо використатися рішенням, яке знайдене за допомогою, отриманої раніше у дослідженні, моделі раціонального розподілу об'єктів РЗ проекту для випадку рівномірного розподілу ймовірностей організаційних параметрів моделі. Для ітераційного рішення поставленої задачі було застосовано метод найшвидшого спуску, що є варіацією метода градієнтів, який було включено до розробленого програмного комплексу,

фрагмент графічної частини якого у складовій вирішення вищенаведеної задачі представлено на рис 3.2 (див. розділ 4).

Розроблена модель пошуку раціонального розміщення об'єктів ЛС РКЗ ППБС ВП для випадку нерівномірного розподілу ймовірностей організаційних параметрів реалізована у вигляді пакету прикладних програм.

Знаходження оптимального способу реалізації проекту за часом при максимально ефективному використанні ресурсів є однією з основних задач будівельного підприємства.

Так як загальні витрати на заробітну плату робітників залежить від повної трудомісткості будівельних робіт, що є величиною постійною, то зміна числа виконавців у допустимих межах незначно впливає на зміну витрат будівництва. Тому їх збільшення в основному пов'язано з простоями в роботі і неврахованими додатковими витратами.

При виникненні ризику несвоєчасного виконання робіт може постати проблема залучення додаткових витрат, основна частина яких буде витрачатися на усунення відставання в графіку робіт.

При постійному штаті виконавців на окремих будівельних операціях виникне необхідність залучення деяких працівників до роботи в понаднормовий час, у вихідні дні, що тягне за собою, оплату з підвищеними розцінками.

Зрив кінцевих термінів будівництва веде до різкого зниження, а то й до втрати прибутку через накладення можливих штрафних санкцій та пені. Такий зрив термінів тим більш ймовірний, ніж ближче прострочені будівельні операції до моменту закінчення всіх робіт.

Таким чином, виникає необхідність у дослідженні та обґрунтуванні особливостей взаємозв'язку термінів виконання окремих будівельних робіт, та будівництва в цілому з його вартістю. Для цих цілей скористаємося критерієм, що враховує підвищення витрат будівництва в умовах простоїв з різних

причин і випадкової зміни чисельності ресурсів, яке може приводити до несвоєчасного виконання будівельних робіт.

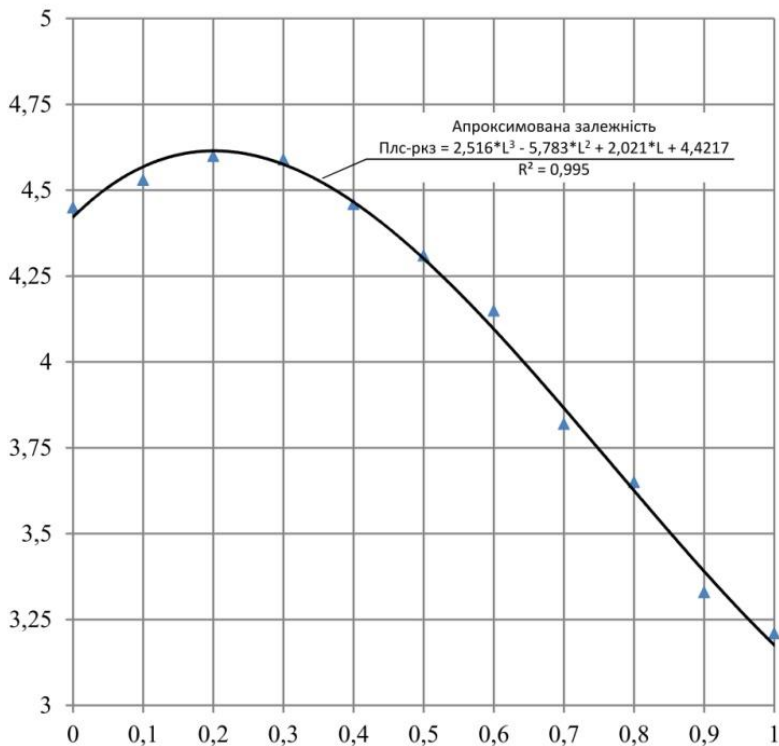


Рисунок 3.2 – Фрагмент графічної частини програмного комплексу у задачах РКЗ із застосуванням методу найшвидшого спуску (метода градієнтів)

Аналізуючи дані таблиця обліку робочого часу (форма №Т-12) ТОВ «ПП «Потенціал» було виявлено, що в бригаді монтажників з 12 осіб ймовірність знаходження в одному з наступних складів бригади представлено на рис. 3.3:

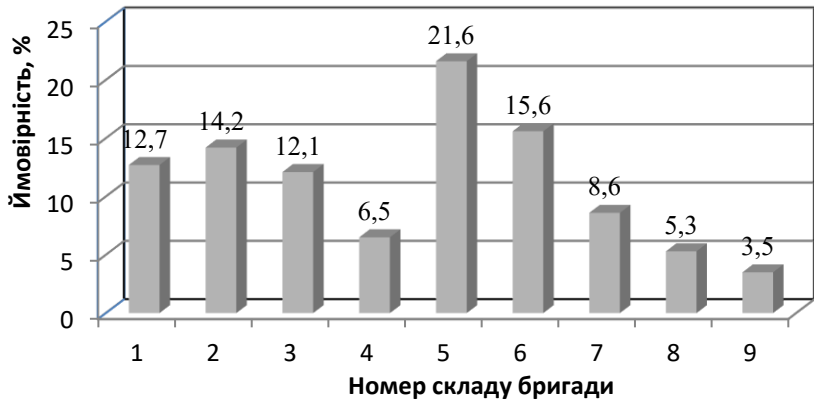


Рисунок 3.3 – Графік ймовірнісно-стохастичної обробки результатів аналізу можливого застосування людських ресурсів (на прикладі бригади монтажників) ТОВ «ПП «Потенціал»

Побудована на основі цих даних функція розподілу чисельності ресурсів $E(R)$ (рис. 3.3) дозволяє використовувати її для розгляду стохастичного характеру зміни чисельності ресурсів у календарному плані.

Використовуючи генератор випадкових чисел можна отримувати конкретні чисельності на різних роботах. Генератор випадкових чисел рівномірно видає значення в інтервалі від 0 до 1. Прийняли $R = R(E)$ і вирішуючи систему рівнянь виду:

$$\begin{cases} R_1 = \lambda_0 + \lambda_1 E_1 + \lambda_2 E_1^2 + \dots + \lambda_n E_1^n, \\ \dots \\ R_m = \lambda_0 + \lambda_1 E_m + \lambda_2 E_m^2 + \dots + \lambda_n E_m^n, \end{cases} \quad (3.18)$$

де $R_i (i = 1, \dots, m)$ - поточне значення ресурсу; E_i - відповідний розподіл R_i , вираз залежності чисельності ресурсів приймає вигляд:

$$R = 0,0213 \cdot E^3 - 0,4211 \cdot E^2 + 2,8213 \cdot E + 3,5758 \quad (3.19)$$

Після обробки отриманих даних, підставляючи значення функції розподілу, які отримані з генератора випадкових чисел у виразі (3.19) та застосовуючи відповідне округлення, отримуємо поточне значення чисельності ресурсів (рис. 3.4).

При наявності технологічного зв'язку між різними роботами та відсутності між ними запасів вільного часу враховується кореляція запізнювань на одній і іншій роботі. Для оптимізації вибору ресурсу в умовах зміни його чисельності з різних причин у роботі використовується функція збитків, яка враховує витрати на заробітну плату основного і додаткового (деякий резерв для забезпечення своєчасного виконання робіт) персоналу і витрати на понаднормові роботи з усунення відставання, що виникає в термінах.

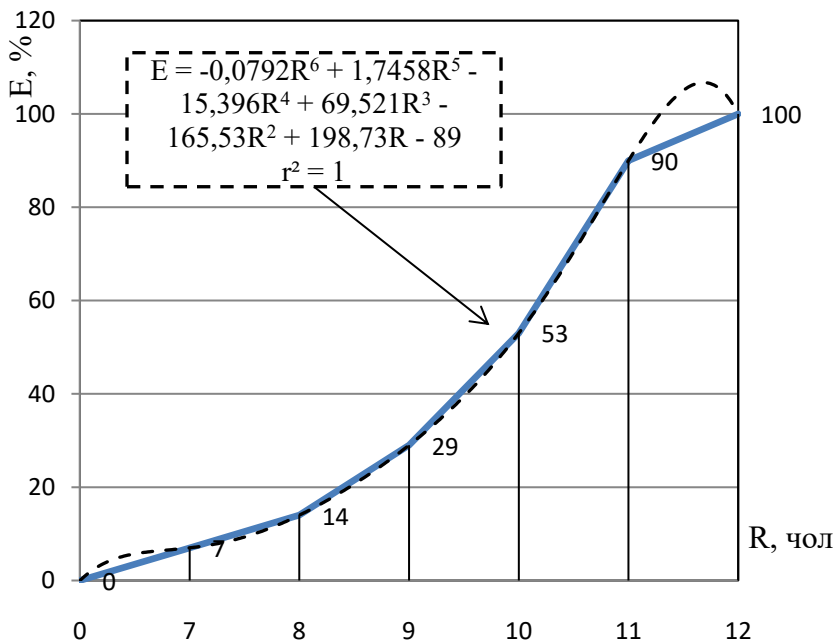


Рисунок 3.4 - Графік розподілу чисельності ресурсів $E(R)$

Величину збитку, наведеного до місяця роботи, представимо у вигляді:

$$\Delta = \Xi^{раб} + \Xi^{св} - \Xi^{норм} + \rho, \quad (3.20)$$

де $\Xi^{раб} = \Xi^1 \cdot n^{раб}$ – витрати на оплату заробітної плати працівників, що працюють в даний час;

Ξ^1 - осереднена заробітна плата одного працівника;

$\Xi^{св} = \theta \cdot \Xi^1 \cdot (n^{норм} - n^{раб})$ – витрати на оплату заробітної плати працюючим в понаднормовий час;

$\theta > 1$ - коефіцієнт, що враховує понаднормові роботи;

$n^{норм}$ - розрахункова (нормативна) кількість працівників (у прикладі $n^{норм} = 12$);

$n^{раб}$ - кількість працівників у даний час;

$\Xi^{норм} = \Xi^1 \cdot \Xi^{норм} = n^{норм}$ - витрати на оплату нормативної заробітної плати;

ρ - вартість допомоги, що виплачується працівникам.

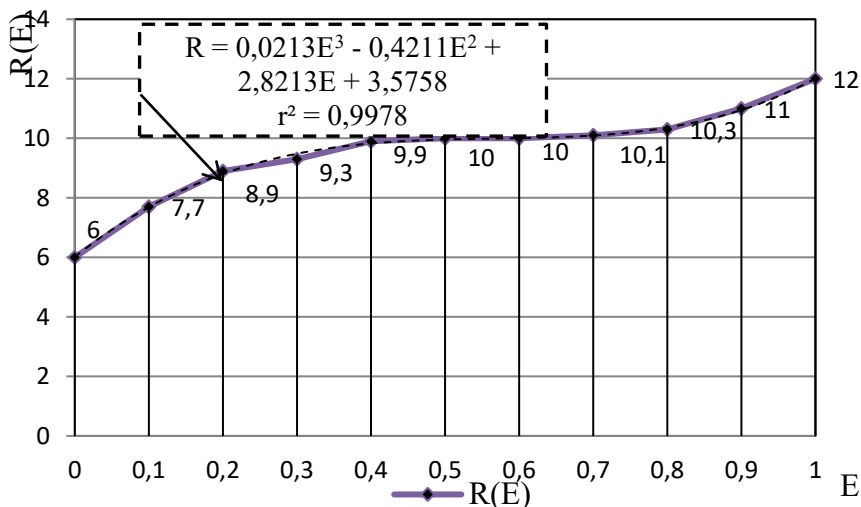


Рисунок 3.5 – Графік залежності чисельності виконавців від функції розподілу

Графік залежності функції збитку від чисельності ресурсів, отриманий при використанні вище розглянутих формул, зображений на рис. 3.6.

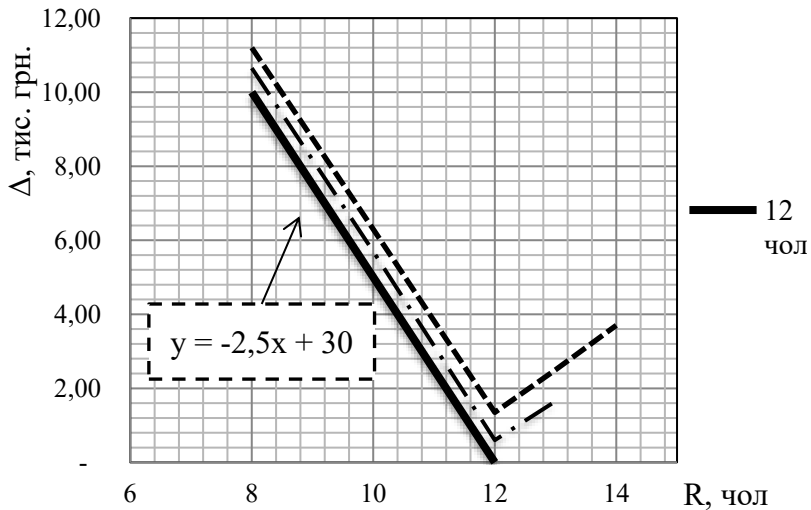


Рисунок 3.6 – Графік залежності функції збитку від чисельності ресурсів

Зазвичай при побудові календарного плану роботи розглядаються як рівнозначні. Однак, в реальних умовах, ризик несвоєчасного виконання робіт на останньому етапі будівництва може призводити до значно більших фінансових втрат, які виникають у зв'язку із зривом термінів всього будівництва і наступних за цим штрафних санкцій. Тому додаткове резервування ресурсів особливо важливо при виконанні останніх (за строками) робіт, оскільки усунути наслідки зривів графіків робіт не буде можливості.

Математичне сподівання збитків для 13 працівників $M(\Delta) = 5,7$ тис.грн. виходить менше, ніж для випадку використання 12 осіб $M(\Delta) = 6,175$ тис.грн. Тому деякий резерв ресурсів не тільки не призводить до подорожчання будівництва, а й підвищує надійність виконання різних робіт.

Результати обробки функцій розподілу дозволяють визначати за допомогою генератора випадкових чисел при варіюванні чисельності ресурсів загальний збиток, моделюючи в календарному плані різні запаси чисельності працівників і резерви часу між залежними роботами.

Кінцевий блок розрахунків містить дані, щодо визначених за наведеними методиками значень координат оптимального розміщення об'єктів постачання та зберігання ресурсів (точки проходження ресурсного потоку) у прийнятій ЛС РКЗ ППБС ВП (приклад наведено у таблиці 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення координат оптимального розміщення об'єктів зберігання РКЗ

Рівномірний розподіл вірогідності ВТФ						
Кількість складів РКЗ	Координати складів РКЗ, L_i					
$M_{onm} = 1$	0,27 К	0,54 К	-	-	-	-
$M_{onm} = 3$	0,17 К	0,35 К	0,53 К	0,61 К	-	-
$M_{onm} = 5$	0,09 К	0,18 К	0,28 К	0,37 К	0,45 К	0,55 К
Нерівномірний розподіл вірогідності ВТФ						
Кількість складів РКЗ	Координати складів РКЗ, L_i					
$M_{onm} = 1$	0,067 К	0,289 К	-	-	-	-
$M_{onm} = 3$	0,021 К	0,084 К	0,193 К	0,412 К	-	-
$M_{onm} = 5$	0,012 К	0,042 К	0,091 К	0,176 К	0,309 К	0,481 К

Як, можливо зазначити із таблиці 3.1 результати розрахунку подані у вигляді залежності визначення координат (відстані) складів від їх кількості у конкретній прийнятій схемі РКЗ проекту. З урахуванням стохастичної природи початкових даних задачі визначення оптимального розташування

складського господарства, розрахунки виконуються, як для рівномірного розподілу вірогідності ВТФ, так, і для нерівномірного розподілу вірогідності ВТФ.

На підставі вищевикладених вдосконалених моделей аналізу ЛС РКЗ ППБС ВП досліджено методологію експертного логістичного аналізу і вибору певного типу будівельного ресурсу для виробництва будівельно-монтажних робіт, яка припускає використання бальних оцінок якісних характеристик, що впливають зрештою на ефективність використання будівельних ресурсів при усуненні ВТФ.

Бальні оцінки мають проміжну шкалу між якісною і кількісною і експерт повинен дотримуватися наступних принципових міркувань: бали виставляються від 1 до 9, при цьому балу 9 відповідає найбільший позитивний вплив на ефективність використання цього типу ресурсу; у усіх анкетах попарне порівняння груп критеріїв або критеріїв виконується по розробленому в роботі алгоритму.

Для отримання оціночної шкали бальних оцінок якісних характеристик, що впливають зрештою на ефективність використання будівельних ресурсів при усуненні ВТФ, у дослідженні проаналізовано низку груп критеріїв (чинників та факторів впливу на середовище ЛС РКЗ ППБС ВП)на наступними базами:

- параметрична;
- нормативна;
- технологічна;
- економічна;
- техногенно-екологічна.

Зазначені чинники та фактори впливу, на практиці, можуть чинити вплив на вибір типу ресурсу. Перехід від кількісних характеристик окремих критеріїв до бальної оцінки у вибраному діапазоні зміни відповідної шкали здійснюється по відповідно отриманим критеріям.

Для оцінки порівняльної значущості даних типів ресурсів отримані не лише вектори відносних пріоритетів, але і визначені, які типи ресурсів отримують найвищий глобальний пріоритет.

Практична реалізація методики дала наступні величини пріоритетів для п'яти різних типів будівельних ресурсів, які використовуються для усунення наслідків ВТФ при реконструкції промислових об'єктів:

$$P_1 = 0,342;$$

$$P_2 = 0,319;$$

$$P_3 = 0,291;$$

$$P_4 = 0,237;$$

$$P_5 = 0,265.$$

Порівнюючи отримані пріоритети для елементів останнього рівня можна встановити співвідношення в їх значущості з точки зору експерта, що виражені в сукупності введених їм в ПЕВМ суджень. Складність вибору в тому, що порівнюються ресурси, що характеризуються складними взаємодіями між багатьма суб'єктивними і об'єктивними чинниками різного типу і міри важливості, а також групами експертів з різними цілями і, нерідко, протилежними інтересами. Ці чинники визначають вірогідність або неможливість вибору однієї з доступних альтернатив, яка прийнятна для усіх з певною мірою компромісу. Отримані відповідно до запропонованих методів результати повинні оцінюватися певною організованою структурою для представлення груп, їх цілей і поведінки, альтернативних результатів і ресурсів, що розподіляються по цих альтернативах.

РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

4.1 Застосування адаптивних інструментів оптимізації логістичних рішень у системі РКЗ будівельного виробництва та моніторингу БМР

Організаційна структура будівельного підприємства, що забезпечує реалізацію проєктів перебудови будівель і споруд виробничого призначення, повинна ґрунтуватися на принципах самоорганізації та ефективного оперування актуальною інформацією щодо поточних проєктів. У такій структурі інформація має не лише накопичуватись, а й перетворюватися в основу прийняття управлінських рішень.

Розвиток відкритої інформаційної системи має динаміку переходу від стану максимальної ентропії, тобто невизначеності, до дедалі більшої впорядкованості шляхом поступового встановлення стійких зв'язків і взаємодій із зовнішнім середовищем та адаптивності. Такий процес набуває форми спірального руху, в основі якого – цілеспрямоване оновлення структури з метою зниження інформаційного хаосу та забезпечення системного порядку.

У дослідженні керованості систем і оцінці їхнього еволюційного потенціалу важливу роль відіграють базові положення синергетики, а саме:

– принцип впливу малих змін, коли незначні коригування поведінки системи за певних умов можуть радикально змінити її динаміку;

– принцип множинності траєкторій розвитку, що відкриває можливість вибору найефективнішої стратегії серед наявних альтернатив;

– принцип необоротності еволюційних змін, згідно з яким система розвивається лише в одному напрямку, не повертаючись у попередній стан;

– принцип інтеграції зовнішнього впливу, що передбачає обмежене втручання у процеси саморозвитку з урахуванням потенціалу керованого впливу на окремі ресурси й елементи;

– принцип стохастичності, що вимагає обов'язкового врахування випадковості та невизначеності в системних процесах;

– принцип взаємозв'язку ускладнення та темпів розвитку, згідно з яким зростання складності системи повинно бути узгоджене зі швидкістю її еволюції;

– принцип переходу від хаосу до порядку, який передбачає можливість стабілізації системи за рахунок внутрішніх структурних змін;

– принцип взаємодії між мікро- та макросередовищем, що виражається у взаємовпливі окремих підсистем і загального системного контексту.

Активна математизація та інформатизація сучасної науки зумовлює необхідність побудови точних математичних моделей, які адекватно відображають закономірності складних систем. Ефективність таких моделей прямо залежить як від особливостей досліджуваного об'єкта, так і від гнучкості й потужності обраного математичного апарату [164].

Сучасні інформаційні технології виступають не лише інструментом підтримки управління, а й основою нової управлінської парадигми. Їх застосування формує новий стиль мислення, орієнтований на аналіз взаємозв'язків і динамічне ухвалення рішень у режимі реального часу. Відношення активних інформаційних ресурсів до сукупного обсягу національних ресурсів сьогодні виступає вагомим індикатором переходу суспільства до інформаційної економіки та розвитку інтелектуального потенціалу.

Для комплексної оцінки поточної діяльності будівельного підприємства (БП), визначення його інвестиційної привабливості та ефективності запланованих капіталовкладень зазвичай необхідне залучення міждисциплінарної групи експертів. Такі фахівці мають володіти спеціалізованими знаннями у сфері планування, прогнозування, управлінського та фінансового обліку, маркетингу, інвестування, податкового регулювання тощо. Подібні компетенції зазвичай зосереджені у штаті консалтингових компаній, які надають відповідні аналітичні послуги. Проте для більшості підприємств будівельної галузі вартість таких послуг залишається непосильною.

У таких умовах єдиною реалістичною альтернативою є створення на підприємстві власної аналітичної бази шляхом підвищення кваліфікації персоналу у сфері сучасних методів інвестиційного, організаційно-технологічного та логістичного проектування. Це має супроводжуватися впровадженням спеціалізованих комп'ютерних програм, призначених для аналізу проектів, розрахунку ефективності господарської діяльності та підготовки управлінських рішень.

До основних функціональних вимог, що висувуються до таких програмних засобів, належать:

- виконання ретроспективного аналізу фінансово-господарських показників з метою виявлення слабких ланок у структурі підприємства;
- побудова моделей бізнес-планів ППБС та портфелю підрядних замовлень для аналізу їх ефективності;
- розрахунок техніко-економічних обґрунтувань потреб у зовнішньому фінансуванні (кредити, лізинг тощо);
- оцінка впливу як внутрішніх параметрів, так і зовнішніх чинників на загальну результативність проектів перебудови;
- порівняльний аналіз альтернатив для вибору найбільш доцільного варіанту реалізації проекту;

– автоматизація розрахункових процедур та формування повного пакету документації для подання замовнику.

Під час планування будівельно-монтажних робіт (БМР) у межах проектів реконструкції або технічного переоснащення промислових об'єктів виникає значна кількість факторів невизначеності, які не можуть бути враховані традиційними методами календарного планування. Йдеться, зокрема, про непередбачувані зміни у термінах виконання окремих етапів, необхідність адаптивного розподілу ресурсів відповідно до специфіки робіт, а також завдання мінімізації витрат при скороченні загального часу реалізації проекту.

Оптимізація таких процесів можлива шляхом використання математичних методів аналізу та інструментів сітьового планування і управління (СПУ). Їх впровадження дозволяє підвищити точність проєктних рішень, мінімізувати ризики відхилення від планових показників і скоротити загальну тривалість реалізації ППБС ВП за умов обмежених ресурсів.

До впровадження сітьових методів найпоширенішим інструментом календарного планування в будівництві залишався діаграмний графік типу Ганта, що відображав часові межі виконання окремих процесів, але не враховував логічних залежностей між ними. Цей недолік суттєво обмежував можливості управління строками реалізації проекту.

Саме для усунення цієї вади наприкінці 1950-х років були розроблені незалежно один від одного дві методології: метод критичного шляху (CPM – *Critical Path Method*) компанією *DuPont* та метод оцінки та перегляду програм (PERT – *Program Evaluation and Review Technique*) компанією *Lockheed*.

Сьогодні ці методи інтегровані в єдину концепцію сітьового планування та управління, яку доповнює метод критичного ланцюга (CCM – *Critical Chain Method*), що враховує не тільки логічні, а й ресурсні обмеження.

Отже, сітьове планування й управління - це підхід до управління складними динамічними системами з метою забезпечення певних оптимальних показників. Він визначає сукупність взаємопов'язаних операцій, які необхідно виконати в певному порядку, щоб досягти поставленої в проекті мети.

Попри очевидну ефективність і методологічну довершеність, сітьове планування не завжди впроваджується в практиці управління будівельними підприємствами. Основними стримувальними факторами є відсутність сформованого інформаційного середовища проекту, нестача достовірної вихідної інформації, недостатній рівень автоматизації обробки даних і відсутність культури управління проектами у форматі життєвого циклу.

Суттєво підвищити якість планування та контролю за реалізацією проектів дає змогу використання сучасних комп'ютерних систем календарного планування, заснованих на алгоритмах сітьового моделювання та критичного шляху (а в деяких випадках – ресурсно-критичного). Подібне програмне забезпечення дозволяє автоматизувати ключові функції управління проектами, зокрема:

- побудову ієрархічної структури робіт;
- розрахунок та оптимізацію критичного шляху;
- планування ресурсів (їх розподіл, навантаження, оптимізація використання);
- елементи вартісного аналізу;
- контроль прогресу реалізації проекту;
- формування аналітичної та графічної звітності.

Первинно такі системи розроблялись для великих будівельних або оборонних проектів і потребували професійної підготовки персоналу. Проте з розширенням комп'ютерної доступності, а також завдяки активній участі таких корпорацій як *Microsoft* та *Symantec*, подібні інструменти стали доступними і для малих та середніх підприємств.

Отже, набуття навичок користування таким програмним забезпеченням є важливим у всіх фахівців відділів планування, забезпечення та управління проектами. Саме тому метою подальших досліджень є аналіз програмного забезпечення організаційно-технологічного проектування, а також визначення можливостей для використання та адаптації його до потреб дослідження.

Аналіз динаміки розвитку програмного забезпечення для реалізації складних проектів свідчить про те, що функції, які раніше були доступні лише в професійних системах, з'являються в порівняно дешевих пакетах. У той же час увага в професійному програмному забезпеченні приділяється спрощенню користування, розширенню функціональних можливостей та комплексної роботи над проектом.

Перспективним напрямом досліджень у цьому контексті є порівняльний аналіз існуючого програмного забезпечення для управління проектами, його адаптація до специфіки будівельної галузі, а також розробка підходів до інтеграції інструментів сітьового планування з адаптивними логістичними системами підприємства.

Аналіз тенденцій розвитку такого ПЗ свідчить, що функціональність, яка раніше була доступною лише у спеціалізованих платформах, поступово інтегрується в більш доступні рішення. При цьому акцент робиться на спрощення інтерфейсу користувача, розширення можливостей аналітики та формування цілісного цифрового середовища для підтримки прийняття управлінських рішень.

З урахуванням завдань, які вирішуються керівництвом будівельних підприємств (рис. 4.1), ключовими вимогами до таких систем залишаються простота у використанні, оперативність отримання узагальнених звітів та гнучкість адаптації до конкретного проектного середовища.



Рисунок 4.1 – Визначення ключових параметрів програмних продуктів для підтримки рішень на різних рівнях управління проектами

Керівників, що безпосередньо розглядають стратегічні завдання, більш цікавить поглиблений аналіз даних, застосування контрольних функцій під час реалізації проекту, а також можливості інтеграції з іншими документами та проектними рішеннями.

Основною вимогою для виконавців робіт і керівників на місцях (операційних менеджерів) є простота використання та легкість введення та виведення даних, оскільки вони використовують програмне забезпечення для управління не більше декількох годин на місяць. Серед засобів для календарно-сітьового планування виділено дві групи продуктів: пакети для складання розкладів і комплексні системи.

Перша група програм орієнтована на тих керівників, яким час від часу доводиться планувати прості проекти. Це програмне забезпечення дозволяє:

- встановлювати логічні зв'язки між завданнями;
- генерувати діаграми Ганта та сітьові моделі;
- виконувати обчислення критичного шляху;

– отримувати попередню оцінку завантаженості ресурсів;

– приблизно розраховувати загальну вартість проекту.

Комплексні системи, які, крім базових функцій, пропонують поглиблену аналітику, мультисценарне планування, управління ризиками та гнучке налаштування контрольних точок відповідно до внутрішніх стандартів підприємства.

Сьогодні ринок пропонує велику кількість програмних продуктів для моделювання, розрахунку та комплексного аналізу будівельних проектів, як вітчизняної розробки, так і закордонних. Серед українських рішень поширені системи, орієнтовані на підготовку проектно-кошторисної документації: АВК-5, БТ: Кошторис (CLG) тощо.

Із зарубіжних інструментів можна відзначити FT Schedule (Architecture, Engineering, and Construction Software), Oracle Primavera P6, СymCAP, Visio, FlexiProject (Польща), а також гнучкі хмарні рішення на кшталт Jira (Atlassian) і Monday.com (Ізраїль). Крім того, продовжують користуватися популярністю MS Project та розширення до нього, наприклад, PlanBridge.

Комплексні платформи для управління будівельними проектами поєднують можливості детального планування, багаторівневого аналізу та контролю виконання робіт із функціями організації внутрішньої й зовнішньої комунікації.

Наведений перелік програмного забезпечення підтримує інтегровану роботу і реагує на зміни як у внутрішньому середовищі підприємства, так і на зовнішні виклики, оскільки післявоєнна відбудова України потребує системного підходу до управління проектами, особливо у сфері відновлення інфраструктури.

Для визначення відмінностей загально поширеного програмного забезпечення виконаємо аналіз їх функціональних можливостей.

1. FlexiProject: гнучкість як ключ до адаптації.

FlexiProject (Польща) – комплексна система з модульною архітектурою, яка дозволяє налаштовувати процеси під конкретні потреби проекту. Її головна перевага – гнучкість у відображенні локальних стандартів, що особливо важливо для України, де будівельні норми (ДБН) часто відрізняються від європейських. Наприклад, система може автоматизувати перевірку відповідності проектів ДБН А.2.2-3:2014.

Одним із ключових функціоналів FlexiProject є автоматизація звітності. У масштабних проектах система формує звіти в реальному часі.

Однак використання FlexiProject в Україні має обмеження: висока залежність від стабільного Інтернету може ускладнити роботу в регіонах з пошкодженою інфраструктурою, що вимагає додаткових інвестицій у телекомунікаційну підтримку або впровадження локальних серверів для автономної роботи.

2. ProjectLibre: відкрите ПЗ для бюджетної оптимізації.

ProjectLibre – відкрите програмне забезпечення з ліцензією Common Public Attribution License (CPAL), що робить його доступним для українських компаній, які стикаються з обмеженими бюджетами. Як повноцінна заміна Microsoft Project, ProjectLibre підтримує сумісність з форматами OpenOffice та LibreOffice, а також діаграмами Ганта для планування графіків.

Особливо корисною для України є функція аналізу вартості (Earned Value Management), яка допомагає контролювати відхилення від бюджету, що має можливість допомогти у випадку зміни ціни на матеріали через логістичні перебої.

Проте, хмарна версія ProjectLibre Cloud ще перебуває в бета-тестуванні, що ускладнює співпрацю в розподілених командах. Для подолання цього обмеження можна інтегрувати

ProjectLibre з іншими хмарними сервісами, наприклад, Google Drive або Dropbox.

3. Jira: гнучкість для швидких змін.

Хоча Jira (Австралія) була розроблений для ІТ-проектів, його адаптація до будівництва можлива завдяки настроюваному інтерфейсу та гнучким робочим процесам.

Наприклад, методології Scrum і Kanban дозволяють командам візуалізувати етапи будівництва, від поставки матеріалів до монтажу конструкцій.

Однією з найцінніших функцій Jira є інтеграція з IoT-датчиками. У проектах відновлення мостів датчики можуть передавати дані про навантаження на конструкції прямо в Jira, де система автоматично створює завдання для конструкторів. Проте відсутність спеціалізованих модулів для будівництва (наприклад, BIM-інтеграції) вимагає додаткової настройки, що може збільшити час і витрати на адаптацію.

3. Monday.com: спрощення командної взаємодії.

Monday.com (Ізраїль) – інструмент, який вирізняється інтуїтивним інтерфейсом і швидким стартом. Його перевага для України полягає в доступності для малого бізнесу: безкоштовна версія підходить для груп до 10 осіб, що важливо для локальних підрядників, які зайняті у відбудові сільських підприємств.

У 2023 році платформа оновила шаблони для будівництва, які включають календарні плани (Gantt) та логістичні трекери для відстеження поставок матеріалів.

Проте, відсутність вбудованого обміну повідомленнями в чаті вимагає інтеграції з іншими інструментами, такими як Slack або Microsoft Teams.

4. Procore: спеціалізоване ПЗ для технічної точності.

Procore (США) – лідер на ринку будівельного ПЗ, який забезпечує інтеграцію з BIM-технологіями (Building Information Modeling).

5. Primavera P6: точність для великих проєктів.

Primavera P6 (Oracle) – інструмент для управління складними проєктами, який використовується в Україні для будівництва ТЕЦ та доріг.

Однією з унікальних функцій є інтеграція з геоінформаційними системами (GIS), що дозволяє планувати транспортні маршрути в пошкоджених регіонах. Проте висока вартість ліцензії та потреба у сертифікованих користувачах обмежують його доступність для українських компаній.

Для оптимізації логістики та ресурсного забезпечення в умовах післявоєнної України пропонується:

1. Для малих проєктів: Використання ProjectLibre або Monday.com через низьку вартість та простоту освоєння.

2. Для середніх і великих об'єктів: Впровадження FlexiProject, Procure або Primavera P6;

3. Для швидкої адаптації: Використання Jira з додатковими модулями для будівництва.

Ключовим фактором успіху є локалізація програмного забезпечення під українські стандарти та інвестиції в підготовку кадрів. У зв'язку з цим рекомендується створити навчальні центри, які спеціалізуюватимуться на роботі з цими інструментами, забезпечуючи швидку адаптацію під час масштабної відбудови.

Основні розбіжності між програмними засобами (табл. 4.1) полягають у підтримці різних обчислювальних платформ, рівні продуктивності та наявності додаткових інструментів і функціональних можливостей.

Окрім програмних засобів календарно-сітьового планування, у сучасних умовах розвитку цифрової економіки дедалі більшого значення набуває застосування новітніх технологій, здатних підвищити ефективність управління ресурсами та процесами будівельного виробництва. Однією з перспективних напрямів є впровадження блокчейн.

Використання цієї технології в управлінні ланцюгами постачання у будівельній галузі розглядається як інструмент підвищення стійкості та оптимізації процесів обміну інформацією між учасниками проекту [161].

Проаналізувавши усі ці програмні продукти можливо стверджувати, що головними проектними розрахунковими характеристиками при аналізі проектів перебудови будівель та споруд, в тому числі і в промисловому будівництві, є економічні та фінансові параметри, в той час як організаційні, технологічні та конкурентні параметри проекту практично не враховані, тобто інноваційна складова проекту не враховується.

Відповідно до цього для більшості підрядних організацій України застосування складного, не пристосованого до сучасних реалій, закордонного програмного забезпечення пов'язано з величезними труднощами для персоналу, тому важливим кроком повинно бути інтеграція можливостей систем планування й керування будівельного проекту та інструментів, що забезпечують ефективне позиціонування БП на ринку будівельних послуг, моніторинг, контроль та адаптацію дій при впливі зовнішніх факторів.

Система повинна передбачати актуалізацію фактичних даних про процес реалізації проектів; контроль неузгодженостей за результатами порівняння вихідного плану й актуальних даних із заданою періодичністю аналізу ситуації. На основі звіту, сформованого в результаті виконання процедур контролю, повинно здійснюватися керування будівельними проектами або портфелем замовлень будівельного підприємства в цілому, що і враховано під час дослідження, розробки та впровадження пакету прикладних програм (п.4.2).

Таблиця 4.1 – Проведення порівняння зазначеного програмного забезпечення

ПАРАМЕТРИ	ФLEXPROJECT	PROJECTLIBRE	JIRA	MONDAY.COM	PROCORE	PRIMAVERA P6
Виробник	FlexProject Sp. z o.o. https://flexproject.com	ProjectLibre Inc. https://www.projectlibre.com/	Atlassian https://www.atlassian.com/	Monday.com Inc. https://monday.com	Procore https://procore.com	Oracle (Primavera) https://www.primavera.com
Вартість	Діапазон вартості: 100–500 €/місяць (залежить від розміру команди)	Безкоштовне (безплатне), хмарна версія — без-тестування	Базова версія: \$10/користувач/місяць; Преміум: \$21/користувач/місяць	Безкоштовна версія для груп до 10 осіб, платний план від \$8/користувач/місяць	Від \$2,50 користувач/місяць	Від \$75/користувач/місяць
Побулова графіків	+	+	+	+	+	+
Розрахунок графіків	+	+	+	+	+	+
Побулова діаграма Ганта	+	+	+	+	+	+
Простота використання	Інтуїтивний інтерфейс, простий налаштування	Простий інтерфейс, сумісність з OpenOffice/LibreOffice	Модульний інтерфейс, гнучкий налаштований процес	Інтуїтивний інтерфейс, швидкий старт	Спеціалізована система для будівництва	Професійний інструмент з потужним функціоналом
Автоматизація звітності	Автоматичні звіти в реальному часі	Функція аналізу вартості (Earned Value Management)	Автоматизовані огляди проєктів	Шаблони для логістичного трекінгу	ВІМ-інтеграція, автоматичний аналіз конфліктів	Критичний шлях (СРМ), GIS-інтеграція
Інтеграція з іншими системами	Інтеграція з ERP-системами	Сумісність з OpenOffice/LibreOffice	Інтеграція з IoT-датчиками	Інтеграція з Slack/Microsoft Teams	ВІМ-інтеграція, синхронізація з Revit	GIS-інтеграція, синхронізація з документами
Контроль ризиків	Ризик-менеджмент, аналіз ризиків	Наявний, через аналіз вартості	Ризик-менеджмент, метод Monte Carlo	Легкий контроль завдань	Автоматичний аналіз конфліктів	Ризик-менеджмент, метод Monte Carlo
Масштабованість	До великих масштабів, підходить для малих та середніх проєктів	До великих масштабів, безкоштовна версія для малого бізнесу	До великих масштабів, гнучке налаштування	До великих масштабів, шаблони для будівництва	До великих масштабів, ВІМ-інтеграція	До найкращіших проєктів, СРМ-аналіз
Локалізація	Переведено українською	Переведено українською	Англійська, можлива локалізація за допомогою плагінів	Англійська, можлива локалізація за допомогою плагінів	Англійська, можлива локалізація за допомогою плагінів	Англійська, можлива локалізація за допомогою плагінів
Залежність від Інтернету	Висока залежність	Необов'язкова (офлайн-версія)	Залежить від версії	Залежить від версії	Залежить від версії	Залежить від версії

4.2 Формування обчислювально-аналітичної платформи моделювання параметрів удосконаленої системи РКЗ перебудови будівель

Вибір об'єктів спостережень є найбільш складним моментом при розробці програм моніторингу. Умовно увесь моніторинг техногенних чинників можна розділити на моніторинг власне середовища і моніторинг джерел дії на нього. Найбільш поширеною вважається думка, що власне моніторинг техногенних чинників - це контроль стану середовища, і у кращому разі - оцінка зміни його стану під впливом антропогенезу. Але для правильної оцінки техногенної динаміки екосистем необхідно також контролювати і джерела негативного впливу. Ця необхідність викликана тим, що не знаючи кількісно рівні техногенної дії (кількість викидів і скидань, теплові потоки в ґрунт та ін.), дуже скрутно дати кількісну оцінку реакції природного середовища на ці дії. Також слід враховувати, що не лише інженерні об'єкти впливають на природне середовище, але також і навпаки, що призводить до порушення нормального функціонування споруд і відмов технічних систем [164].

Інша крайність у визначенні об'єктів спостереження при проведенні відомчого промислового моніторингу - включення в сферу його функціонування тільки джерел дії. В цьому випадку моніторинг зводиться до виробничого екологічного контролю, при якому відстежуються тільки викиди забруднюючих речовин в атмосферу, скидання у водні об'єкти і інше дії. Такий підхід виправданий для індустріально розвинених територій, де при достатку джерел забруднення дуже скрутно або взагалі неможливо оцінити міру впливу конкретного підприємства на довкілля.

Виходячи з основної мети системи моніторингу природно-кліматичних комплексів її треба розглядати як інструмент управління ситуацією освоюваного регіону. Кінцева мета моніторингу - забезпечення стабільності

техногенної ситуації території і надійності функціонування геотехнічних систем. Досягається ця мета в процесі виявлення потенційних ділянок експлуатаційного ризику і розробці заходів щодо усунення причин виникнення критичних ситуацій. Виходячи з цього пропонується і структура комплексної системи оцінки витрат будівельних підприємств на РКЗ ППБС ВП з урахуванням безпеки і якості будівельного виробництва системи будівельного моніторингу техногенних об'єктів (рис. 4.2).

В процесі інтерпретації проектних рішень або поточної інформації про значення якісних і кількісних показників функціонування промислових об'єктів і обробки експертних оцінок різних параметрів технічного стану промислових об'єктів використовується значна кількість трудомістких процедур:

- пошук різної довідкової інформації;
- перерахунок довідкових даних до умов, адекватних об'єкту спостереження і контролю;
- виконання оцінних розрахунків, необхідних для заповнення не вистачає даних;
- використання різних форм представлення інформації (графіки, матриці, графи і так далі);
- рішення систем рівнянь алгебри і диференціальних, операції з матрицями і векторами і тому подібне;
- запам'ятовування і збереження отриманих результатів для наступного використання.

Виходячи з цього, можуть бути намічені деякі шляхи проектування системи будівельного моніторингу промислових об'єктів в інформаційному середовищі для наступної реконструкції:

- створення проблемно-орієнтованих баз даних і баз знань;
- створення проблемно-орієнтованих пакетів прикладних програм;

- створення пакетів програм машинної графіки;
- створення діалогових систем для забезпечення ефективної взаємодії з користувачем.

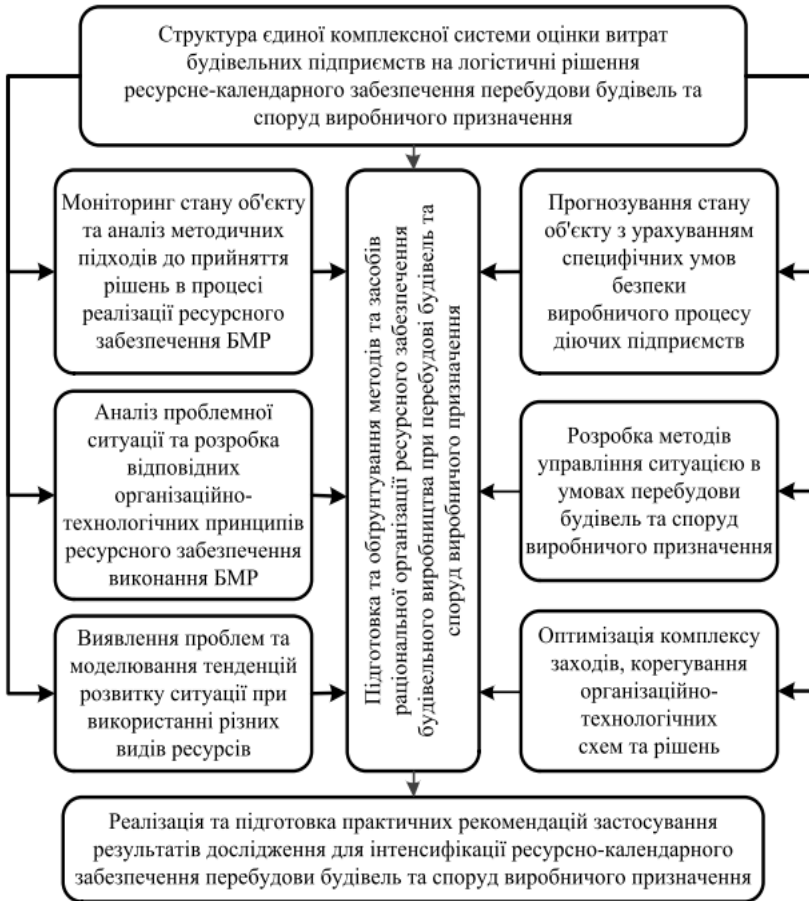


Рисунок 4.2 – Структура єдиної комплексної системи аналізу проектів ресурсного забезпечення перебудови будівель та споруд виробничого призначення

Проте, перераховані засоби залишаються багаторежимними компонентами, ефективність яких не буде

досить висока, поки вони не будуть об'єднані в систему. Іншими словами, має бути створена деяка провідна процедура (не обов'язково повністю автоматизована), що забезпечує формування моделі спостережуваного об'єкту шляхом використання різних машинних процедур і знань експерта-фахівця у відповідній предметній області.

Для того, щоб використовувати в процесі побудови моделі ту інтуїтивну інформацію, яку мають в розпорядженні експерти, потрібне включення в систему блоку підтримки рішень, який в процесі діалогу ЕОМ з користувачем (обробляючи його відповіді на поставлені ПЕВМ в продуманій і чіткій формі питання) витягає цю інформацію непрямим шляхом і перетворює її на формалізовану інформацію (у так званих базах знань), враховуючи властиву людині неузгодженість суджень про складні предмети.

Легко бачити, що об'єднання програм компонентів в систему вимагає добре організованої і зручно керованої автоматизованої бази даних, що містить архів спостережуваних даних у вигляді бази цих спостережень і бази знань суджень про предметну область. Крім того, необхідно уміти формувати модель спостережуваних даних на основі поточної моделі об'єкту досліджень, тобто розраховувати очікувані (виходячи з існуючих знань) значення фізичних величин, що отримуються в результаті спостереження за об'єктом досліджень, і потім порівнювати їх з безпосередньо спостережуваними величинами.

Автоматизована система інтерпретації результатів спостереження за об'єктом досліджень повинна уміти формувати альтернативні варіанти узгодження модельних і безпосередньо вимірюваних значень фізичних величин і виконувати узгодження за допомогою внесення змін, що коригують, до початкової моделі об'єкту досліджень або в базу даних предметної області.

Передбачається, що система повинна працювати в режимі діалогу з експертом, виконуючим аналіз і інтерпретацію результатів. При цьому експерт дістає можливість втручання в роботу системи на будь-якій стадії (зміни в початкових даних, в будь-яких проміжних і кінцевих результатах, в процес обчислень). Усі дії системи за бажанням користувача повинні коментуватися необхідними повідомленнями.

Таким чином, йдеться про інтелектуальні системи підтримки ухвалення рішень експертом. Структура узагальненої системи аналізу результатів спостереження за об'єктом досліджень, підтримка ухвалення рішень експертом і схема взаємодії її функціональних блоків приведена на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 – Структура узагальненої системи аналізу результатів спостереження за об'єктом досліджень

Управління функціонуванням системи здійснюється експертом - фахівцем у відповідній предметній області, який,

вибираючи з бази даних набір експериментальних даних, ініціює формування апріорної поточної моделі об'єкту досліджень, моделі спостережуваних даних і організовує їх узгодження із спостережуваними даними.

Відмітимо, що процес рішення задачі інтерпретації в загальному випадку є ітеративним. Спочатку побудована модель спостережуваних даних порівнюється в блоці №2 щодо протиріч із спостережуваними даними.

Порівняння в загальному випадку призводить до отримання результатів, що не задовольняють експерта, після чого він виробляє коригувальні припущення, використовуючи запропонований системою набір альтернатив по коригуванню, отримує і оцінює нові результати і так далі, поки не буде досягнуте узгодження моделі із спостережуваними даними. Узгоджена так само апріорна модель об'єкту досліджень стає узгодженою робочою моделлю об'єкту досліджень.

Для забезпечення ефективної взаємодії експерта і ПЕВМ при рішенні задачі потрібна наявність інтелектуального інтерфейсу у складі єдиної людино-машинної системи. Інтелектуальний інтерфейс повинен забезпечити експертові можливість управління функціонуванням системи з використанням термінів і понять з області його професійної діяльності, а також обмін інформацією з ПЕВМ в процесі рішення задачі в природній для нього формі представлення.

Функціонування засобів інтелектуального інтерфейсу засноване на розвинених методах роботи зі знаннями, що забезпечують їх представлення, зберігання, перетворення і так далі. При цьому під терміном знань розуміється уся сукупність інформації, необхідної для вирішення завдання, у тому числі про систему понять предметної області спостережень, побудовані теоретичні моделі, методи рішення завдань, правила ухвалення рішень і так далі

У рамках дослідження запропоновано багатоцільовий програмний комплекс ППП (інформаційна технологія у

вигляді Пакету Прикладних Програм): «РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – ППП» - оцінка будівельних ресурсів організаційно-технологічних процесів виробництва будівельно-монтажних робіт; «СТАТИСТИЧНІ ДАНІ – ППП» - статистичний аналіз організаційно-технологічної надійності виробництва будівельно-монтажних робіт. Реалізація інформаційних технологій у вигляді діалогових систем організаційно-технологічного проектування раціональної організації РКЗ будівельного виробництва при реконструкції промислових об'єктів з оцінкою техніко-економічних показників ППБС ВП і підготовки типових регламентів РКЗ дозволяють в найкоротші терміни підготувати необхідну проектно-технічну документацію. При цьому, забезпечується вибір ефективного організаційно-технологічного процесу реконструкції ППБС ВП на основі реалізації багатоваріантних розрахунків, що виконуються в умовах постійної зміни вартісних характеристик.

Запропонованими діалоговими системами є блоки комплексної системи будівельного моніторингу ППБС ВП в процесі виконання БМР, а саме: систему формування і управління базами даних, яка має таку важливу властивість, як можливість використання початкової інформації і результатів розрахунків для аналізу різних ймовірно-статистичних процесів, що мають місце при експлуатації промислових будівель та споруд. Вони забезпечують можливість вдосконалення підходів нормування інвестиційно-будівельних рішень. Пакети прикладних програм «РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – ППП» -- оцінка будівельних ресурсів організаційно-технологічних процесів виробництва будівельно-монтажних робіт; «СТАТИСТИЧНІ ДАНІ – ППП» - статистичний аналіз організаційно-технологічної надійності виробництва БМР, влаштовані таким чином, що усі основні функції формування і управління базами даних, а саме: введення даних в базу даних, пошук необхідної інформації,

виведення даних на екран дисплея або на друк у формі звіту можна виконати, не удаючись до яких-небудь команд. Користувачеві досить відповісти на питання, запропоновані в спеціальному меню.

У міру освоєння системи можна вирішувати і складніші завдання - різним способом об'єднувати і групувати дані, перевіряти інформацію, швидко знаходити потрібні відомості, виробляти різні обчислення і формувати звіти довільної форми. Система ППП дозволяє наочно представляти дані за допомогою різних графічних засобів, крім того в системі передбачена можливість взаємодії з іншими пакетами прикладних програм, наприклад текстовими редакторами або поширеними програмними продуктами ресурсно-календарного планування та організації будівельного виробництва.

Слід звернути увагу на необхідність розрахунків в умовах постійного вступу нової інформації і можливою зміни або доповнення початкових характеристик, що і привело до необхідності використання сучасних методів програмування інформаційно-обчислювальних діалогових систем. Досвід розробки таких систем доводить їх високу ефективність.

Розглянемо файлову систему головного каталогу, що дозволяє вирішувати завдання формування і управління базами даних для визначення об'ємів будівельних ресурсів для реалізації організаційно-технологічних процесів виробництва будівельно-монтажних робіт з урахуванням прогнозного значення щільності потоку відмов при реконструкції промислового об'єкту і можливого значення збитку при відмові.

Діалогова система виконана у вигляді оболонки для ПЕВМ і включає автономні графічні, розрахункові і архівні блоки, що дозволяють підготувати необхідну науково-технічну документацію. Кількість директорій, що становлять каталог, не обмежена і може змінюватися залежно від

вибраного напрямку дослідження або розробки певного інженерного застосування в області автоматизації проектування будівельного моніторингу об'єктів. Проте, як первинні в даній області знання вибрані наступні: *INS* – інструкція користування системою; *DAT* – статистичні (якісні і кількісні) дані по функціонуванню промислових об'єктів; *BR* – кількісний (функціональне) опис потоку відмов; *DAM* – оцінка можливого збитку при виникненні відмови; *LIB* – бібліотека програм; *RES* – об'ємні інформаційні блоки, що зокрема містять теоретичні основи ймовірнісно-статистичних методів досліджень, які можуть бути реалізовані в пакетах програм *REG*, – побудова емпіричних залежностей з використанням ймовірнісно-статистичних даних; *REFR* – література. Структура директорій *TNS* і *RES* включає ділення на глави і параграфи, які складаються з тексту, таблиць і малюнків. Використовувана література виділена в окрему директорію *REF*.

Для забезпечення можливості активної роботи з усім матеріалом передбачена директорія *LIB*, структура якої незважаючи на велику кількість піддиректорій і файлів досить проста. Вона є бібліотекою інтерактивних наукомістких пакетів прикладних програм, в яких реалізована постановка і рішення завдань з певним формуванням вихідних показників. Крім того, вказана директорія містить: *ST* – формалізовані алгоритми стандартних програм; *OUX* – формалізовані алгоритми допоміжних програм. Формалізація деяких алгоритмів, наявність бібліотеки стандартних і допоміжних програм дозволяє здолати певні труднощі в складанні програм і досить швидко реалізувати нові підходи при рішенні конкретної задачі.

Слід зазначити, що в директорію *RES* можуть автономно входити об'ємні інформаційні блоки. У даному випадку директорія *RES* містить теоретичну частину, яка при необхідності може бути доповнена відповідно до поставлених

завдань і їх рішень, при цьому зберігається директорія ЛІВ, що містить усі службові і стандартні програми, які можуть бути використані при рішенні нових завдань.

Розглянута файлова структура для реалізації алгоритму ймовірно-статистичного аналізу досвіду експлуатації промислових будівель та споруд, збору даних про відмови і наслідки цих відмов, що мали місце руйнуваннях, матеріальних і соціальних збитках, дозволяє використовувати фактичний матеріал про аварії для отримання апостеріорної інформації, аналізу і побудови функціональних залежностей для величини щільності розподілу вірогідності аварійного викиду шкідливих речовин в довкілля з оцінкою можливого збитку при виникненні відмови в процесі реконструкції об'єкту.

Відповідно до теоретичного розуміння процесу формування організаційно-технологічного ризику експлуатації промислового об'єкту була запропонована функціонально-орієнтована блок-схема (рис. 4.4), що дозволяє досить простим шляхом реалізувати поставлене завдання у вигляді системи модульних програм і забезпечувати призначений для користувача інтерфейс з викликом необхідних підпрограм. Введення інформації в режимі діалогу припускає конкретний вид математичної моделі з обов'язковими початковими даними.

Формування бази даних здійснюється в режимі діалогу, а реалізація алгоритму розрахунку критеріальних оцінок прогнозних параметрів розподілів в автоматичному режимі з урахуванням необхідності рішення певної задачі. Для будівельного моніторингу ППБС ВП потрібна найрізноманітніша інформація: нормативна, діагностична, а також диспетчерські дані. Так, інформація про стан ППБС ВП охоплює численні відомості, і у міру збільшення кількості даних, а це неминуче із збільшенням терміну служби об'єкту, їх структура набуває усього більшого значення. Всупереч

поширеній думці, дані завжди мають структуру. Будь-яка послідовність одиниць інформації, наскільки б безладною вона не представлялася, на перший погляд, має структуру хоч би в тому сенсі, що кожній такій одиниці інформації можна поставити у відповідність безпосередньо передуючу їй і що безпосередньо йде за нею, інші одиниці.

При формуванні бази даних можна скористатися пакетами прикладних програм комплексу «ППП – РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – СТАТИСТИЧНІ ДАНІ», які були розглянуті вище і які відповідають потребам користувача.

Ефективність використання бази даних залежить від того, в якій мірі вибрана структура відповідає потребам користувача або характеру його запитів, тому скористаємося відомим визначенням: базою даних по деякій темі називають таку сукупність відомостей, що відносяться до цієї теми, яка повинна до певної міри відповідати трьом критеріям – повнота, не надмірність і наявність структури. Повнота припускає наявність в сукупності відомостей, що становлять базу даних, усіх без виключення записів, пов'язаних з темою, по якій складена ця база. Не надмірність припускає, що кожен конкретний запис зустрічається в базі даних один і тільки один раз. Структура припускає пристосованість методу зберігання записів до їх обробки, що полягає як в зверненні до записів, так і в їх оновленні, а також до витрат на зберігання.

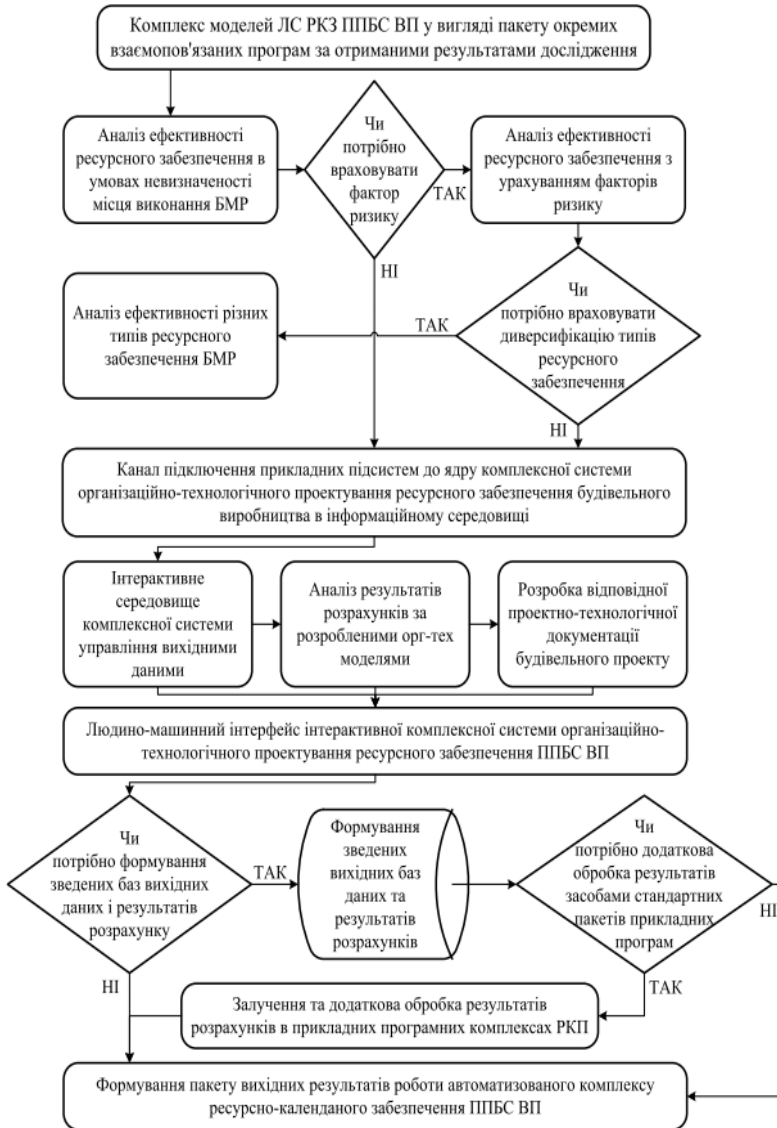


Рисунок 4.4 – Алгоритм реалізації принципів ресурсно-календарного забезпечення ППБС ВП в інформаційному середовищі

В результаті роботи з пакетом програм *BR* отримуємо директорию *BR=OUT* з набором файлів (*001.dat, 002.dat, NNN.dat* – де *NNN* кількість аналізованих об'єктів), які, власне кажучи, і є шуканою прогнозною інформацією про можливий потік відмов відповідно для певного ППБС ВП або для сукупності усіх об'єктів при визначеній або заданій заздалегідь довірчій вірогідності. Аналогічним чином здійснюється прогноз для збитку (пакет програм *DAM* з вихідною директорією *DAM = OUT*). Інформація вихідних директорій використовується для розрахунку організаційно-технологічної надійності експлуатації усієї системи об'єктів з відповідними імовірнісними характеристиками.

Система меню пакетів прикладних програм комплексу «ППП – РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – СТАТИСТИЧНІ ДАНІ» дозволяє вибрати конкретний вид вихідної інформації відповідно до наступних пропозицій: отримання гістограми ранжируваної системи імовірнісних показників для усіх ППБС ВП; отримання розподілу величин характеристичних параметрів по вибраному об'єкту; побудова звідної таблиці початкових і прогнозованих величин характеристичних параметрів за системою даних об'єктів (рис.4.5).

В результаті розрахунку формується імовірнісне обґрунтування ЛС РКЗ ППБС ВП на основі оцінки технологічного ризику БМР або експлуатації кожного об'єкту окремо або певній сукупності об'єктів. При цьому, аналізується вклад окремих статистичних показників і характеристик, який можливо використовувати при аналізі рішень організації ЛС РКЗ ППБС ВП. Результати архівуються у вигляді бази даних і виводяться на друк у вигляді звіту, який може включати текст, таблиці і рисунки.

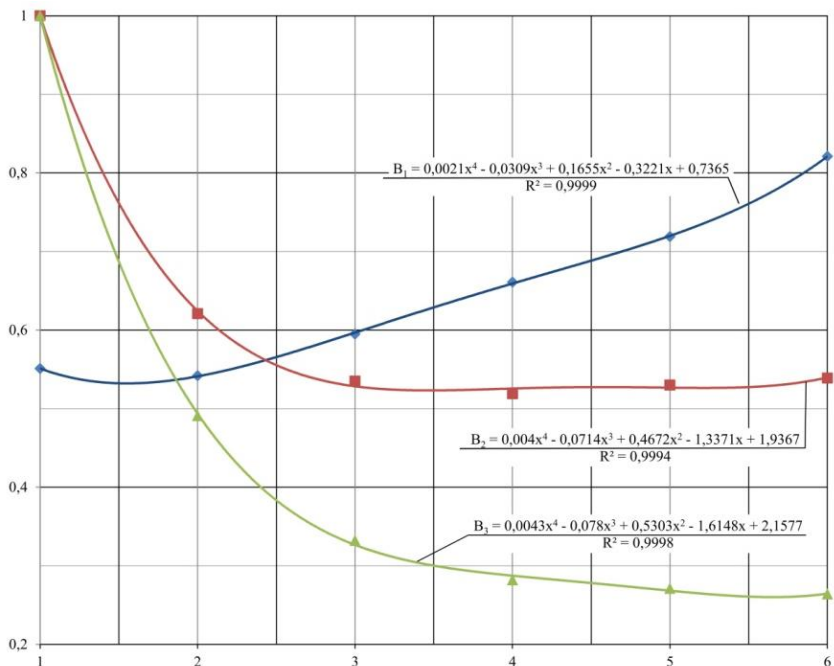


Рисунок 4.5 – Фрагмент застосування пакету прикладних програм комплексу «ППП – РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ – СТАТИСТИЧНІ ДАНІ»

Таким чином, представляється можливим з максимальною ефективністю виконувати оціночні розрахунки ймовірно-статистичних показників, які, зокрема, можуть бути основою розрахунку ТЕП при проектування послідовності і величини витрат на матеріально-технічні ресурси у РКЗ ППБС ВП з урахуванням різної статистичної інформації.

ВИСНОВКИ

Виконана робота спрямована на створення цілісної теоретико-методологічної основи для оптимізації ресурсно-календарного забезпечення перебудови промислових об'єктів шляхом інтеграції логістичних стратегій і технологій управління запасами. Отримані результати дозволили сформулювати такі висновки:

1. Аналіз сучасних підходів до організації та планування показав необхідність інтеграції в існуючі моделі врахування техногенних факторів і розробки формалізованих алгоритмів для оцінки раціональності логістичних рішень, що дозволило утворити багатовимірний науково-прикладний комплекс завдань, мета якого – підвищити ефективність будівельного виробництва через удосконалені РКЗ.

2. Стохастична багатокритеріальна оптимізація. Показано, що традиційні критерії оцінки логістичних систем РКЗ будівництва (які ґрунтуються на детермінованих алгоритмах) потрібно доповнити критеріями з ймовірнісними характеристиками: вплив техногенних подій, коливання попиту й пропозиції, невизначеність строків, деградація матеріалів і просторові чинники. Розроблена система моделей створює можливість вирішення оптимізаційних задач з урахуванням наведених цих аспектів.

3. Оптимальне позиціонування баз ресурсного забезпечення. Створено модель організації складів та ресурсних баз за умови рівномірного розподілу ймовірностей. Встановлено, що точка оптимального розташування проміжного складу може відхилитися від математичного очікування відстані до майданчика БМР. Запропоновано методіку варіювання розташування складу, що дозволяє визначати необхідну кількість баз для кожного сценарію логістичних рішень.

4. Модель розрахунку обсягів поставок. Розроблено математичний апарат для оцінки ключових організаційно-технологічних показників, які впливають на оптимальний обсяг постачань, а модель дає змогу вирішувати задачі планування, коли фактичні потреби відрізняються від середнього попиту, з точним балансуванням ресурсів.

5. Розроблені моделі створюють фундамент для системи адаптивного керування будівельним виробництвом, здатної в реальному часі коригувати логістичні рішення з урахуванням змін зовнішнього середовища, ресурсних обмежень і непередбачених техногенних факторів, що забезпечує гнучкість і стійкість виробничих процесів до коливань попиту, властивостей матеріалів та строкових параметрів виконання робіт.

6. Умови оптимального інвестування. Доведено, що найвигідніший момент вкладення коштів у ЛС РКЗ залежить від закону розподілу часу початку БМР в контексті ліквідації техногенних наслідків. При експоненціальному розподілі інвестиції слід здійснювати на початку процесу, а за інших розподілів існує ненульова оптимальна точка фінансування, що визначається аналітичною моделлю.

7. Отримані методики були реалізовані в багатофункціональному програмному середовищі для розрахунку техніко-економічних показників РКЗ. Комплекс забезпечує автоматизований аналіз, моніторинг і підтримку прийняття рішень під час реконструкції, перебудови та будівництва промислових об'єктів.

Впровадження розроблених підходів формує високоефективну інтегровану логістичну систему для адаптивного керування будівельним виробництвом. Система здатна оперативно реагувати на ринкові та технологічні зміни, знижувати ризики і оптимізувати роботу будівельних підприємств під час перебудови виробничих об'єктів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Алькема В.Г. Логістика: Теорія та практика / В.Г. Алькема, О.М. Сумець – Київ: Вид.дім „Професіонал”, 2008. - 270 с.
2. Амітан В.Н. Логістизація процесів в організаційно-економічних системах / В.Н. Амітан, Р.Р. Ларіна, В.Л. Пілюшенко; НАН України, Інститут економіко-правових досліджень. – Донецьк: Юго-Восток, Лтд, 2003. – 73 с.
3. Організація, планування і управління в будівництві: підручник / Савенко В. І., Лівінський О. М., Курок О. І., Бондаренко М. І., Куліков П. М., Виноградов В. В.; під заг. ред.: Савенка В. І. [та ін.]; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., Глухів. нац. пед. ун-т ім. О. Довженка. - Вид. 2-ге, випр. і доп. - Київ : Людмила, 2023. – 579 с.: іл. – Бібліогр.: с. 574 - 579.
4. Антипенко Є. Ю. Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проектів: Монографія / Є.Ю. Антипенко. – Запоріжжя: Вид-во «РДЦ Дизайн Груп», 2010. – 386 с.
5. Арутюнян І. А. Ефективність інтегрованого управління потоками вторинних ресурсів у будівельній галузі / І. А. Арутюнян, А Шуваєв // Металознавство та термічна обробка металів. – 2021. – № 2(93). – С. 15-25.
6. Арутюнян І.А., Мішук К.М., Данкевич Н.О., Юхименко А., Анін В.І., Полтавець М.О., Шарапова Т.А. Results of mathematical modeling of organizational and technological solutions of effective use of available resource of modern roofs // International Journal of Computer Science and Network Security. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 49–54.
7. Данилюк Т.І., Мурафа Т.Р. Проектування організаційних заходів з менеджменту якості на стадіях створення об'єкта будівництва // Ефективна економіка. – 2024. – № 8.

8. Баранець Г.В. Управління матеріальними та фінансовими потоками підприємства на основі логістичного підходу: автореф. дис... канд. екон. наук: 08.00.04 / Г.В. Баранець; НАН України. Ін-т економіки пром-сті. – Донецьк, 2007. – 20 с.

9. Хитрова, О. Оптимізація процесів та ресурсів в управлінні будівництвом. Сталий розвиток економіки, (1 (52), 2025, 137-143. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-52-19>.

10. В.М. Андрухов, В.В. Матвійчук. Основні засади BIM проектування при розробці конструктивних рішень в Autodesk Revit», сучтехнбудів, вип. 28, вип. 1, с. 18–26, груд 2020.

11. Горяча О.Л., Федоренко Ю.І. Етапи розробки інвестиційної стратегії підприємства. Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. 2020. № 2. С. 28–35..

12. Білоконь А.І. Управління проектами і програмами реструктуризації: монографія / А.І. Білоконь, І.В. Тріфонов. - Дніпропетровськ: ПДАБА, 2008. – 139 с.

13. Бобраков А.А. Моделювання логістичної системи ресурсно-календарного забезпечення / А.А. Бобраков // Теорія та практика будівництва. – Київ: КНУБА, 2009. – Вип. 5. – С. 49-53.

14. Бобраков А.А. Модель вдосконалення організаційно-технологічних рішень у проектах реконструкції (нового будівництва) з урахуванням можливої зміни властивостей матеріалу / А.А. Бобраков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ: КНУБА, – Вип. 27. – 2012. - С. 9-16.

15. Бобраков А.А. Модель оптимізації параметрів організації системи ресурсного забезпечення будівельних проектів з урахуванням впливу техногенних факторів / А.А. Бобраков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ: КНУБА, – Вип. 26. - 2012. – С. 13-20.

16. Бобраков А.А. Ресурсне забезпечення об'єктів будівництва в організаційно-технологічних моделях / А.А. Бобраков // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток України - 2007». – Київ: ТОВ «Ультрадрук». – С. 62-67.

17. Бобраков А.А. Ресурсне забезпечення реконструкції будівельних об'єктів на діючих підприємствах / С.А. Ушацький, А.А. Бобраков // Науково-технічний журнал «Техніка будівництва» - Київ: КНУБА, 2009. – № 23. – С.99-107.

18. Мисяк, І. М., Діжак, В. В., & Степась, М. В. (2023). Оцінка ефективності реальних інвестиційних проєктів. *Scientific Notes of Lviv University of Business and Law*, (37), 277-283.

19. Бобраков А.А. Урахування можливої зміни властивостей матеріалів при формуванні організаційно-технологічних рішень в будівництві / Бобраков А.А. // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – № 47. – С. 101–105.

20. Одеська державна академія будівництва та архітектури. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті», 19-20 жовтня 2023 р., м. Одеса.

21. Савенко В. І., Лівінський О. М. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи. К.: Центр учбової літератури, 2020. 128 с.

22. Романюха, С. М. (2023). Створення та ефективна робота інвестиційних механізмів як фактор економічного розвитку. *Економіка та управління підприємствами аграрного сектора*, 1(1), 43-50.

23. Васелевський М. Управління матеріальними потоками в логістичних збутових мережах: Автореф. дис. канд. екон. наук: 08.02.03 / Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Л., 2002. – 21 с.

24. Гарат М. Р. Будівельна діяльність як об'єкт науково-правових досліджень. *Правова держава*. 2019. № 34. С. 15–22. [Електронний ресурс]. DOI: <http://dx.doi.org/10.18524/2411-2054.2019.34.169525>.

25. Вода І.С. Підвищення ефективності управління інвестиційною та інноваційною діяльністю будівельних організацій (на прикладі будівельних організацій Донецької області): автореф. дис... канд. екон. наук: 08.07.03 / І.С. Вода. – К.: КНУБА, 2006. – 20 с.

26. Воронецкий С.С. Ресурсно-календарні моделі організації будівництва з інтегрованими елементами семантичних описів // *Науков-технічний журнал «Техніка будівництва»*. - К.: КНУБА, 2007. – №20. – С.114-118.

27. Втілення інноваційної моделі управління інвестиціями в структурі інвестиційно-будівельної корпорації // Г.В. Лагутін, В.О. Поколенко, А.В. Безух, А.В. Шпаков // *Будівельні матеріали та вироби*, 2003. – №3. – С. 13-19.

28. Крикавський Є. Логістичне управління : підручник / Є. Крикавський. – Львів : Нац. університет «Львівська політехніка», 2005. – 684 с.

29. Герасимова О.Л. Удосконалення методів управління вартістю будівельних проєктів: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / О.Л. Герасимова. – Д.: ПДАБА, 2006. – 20 с.

30. Гнатушенко В.В. Моделювання фінансово-логістичних функцій в управлінні виробничо-споживчими системами: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.03.02 / В.В. Гнатушенко; Донец. держ. ун-т. – Донецьк, 2000. – 17 с.

31. Пічугін С.Ф. Сучасні проблеми надійності в будівництві: навч. посіб. (теоретична частина курсу) / С.Ф. Пічугін. – Полтава: Нац, ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2023. – 254 с.с.

32. Білокінь О. І, Несевря П. І., Наумов В. О. Аналіз основних технічних рішень у проєктах зносу будівель та

споруд. Український журнал будівництва та архітектури. 2022. № 3. С. 15–26..

33. Білоконь А. І. Систематизація і типізація проектних рішень знесення та демонтажу будівель і споруд / А. І. Білоконь, П. І. Несеоря, В. О. Наумов // *Металознавство та термічна обробка металів.* – 2022. – № 4. – С. 18-31.

34. Longo, Sonia & Cellura, M. & Montana, Francesco & Birgisdottir, Harpa & Cusenza, Maria Anna & Frischknecht, Rolf & Guarino, Francesco & Hollberg, Alexander & Kiss, Benedek & Peuportier, Bruno & Sanseverino, Eleonora & Szalay, Zsuzsa. (2023). Life-cycle optimization of building performance: a collection of case studies. 10.5281/zenodo.7468477.

35. Дадіверіна Л.М. Удосконалення методів оцінки можливості реалізації будівельних проектів в умовах заданих обмежень (на прикладі житлового будівництва): автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Л.М. Дадіверіна. – Д.: ПДАБА, 2002. – 18 с.

36. Державні будівельні норми України. Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. ДБН А 2.2.-3-2004. – Київ: Держбуд України, 2004. – 36 с.

37. Державні будівельні норми України. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. ДБН А.3.1-5-2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 78 с.

38. Арутюнян, І., Арутюнян, Є., Колісник, В., Галушко, Д., & Зубков, С. (2024). Аналіз сучасних інноваційних підходів забезпечення будівельних об'єктів. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 1(53), 142–149. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).142-149](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).142-149).

39. В.І. Анін, С.В. Пастухова, Ю.О. Білов, Н.Г. Метеленко. Інноваційні інформаційні технології як вдосконалення організаційних процесів будівництва // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика.* №23, 2023. С.5-16.

40. Олюха В. Г. Оптимізація капітального будівництва: господарсько-правові проблеми [текст] монографія / В. Г. Олюха. – Київ: Центр учбової літератури, 2015. – 302 с.
41. Gumenna-Derii, Mariia. (2022). Stages of implementing control over financial resources in construction. The institute of accounting, control and analysis in the globalization circumstances, P. 16-26.
42. Ельнакла Ф. Розробка методики інтегрованої оцінки параметрів реалізації будівельних проектів автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Ф. Ельнакла. – Д.: ПДАБА, 2004. – 19 с.
43. Євдоченко О.М. Економетричні та організаційні основи управління ціною будівельного контракту: автореф. дис... канд. екон. наук: 08.07.03 / О.М. Євдоченко. - К.: КНУБА, 2005. – 20 с.
44. Єнченко Є.В. Моделювання і управління системними ризиками в логістиці: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.03.02 / Є.В. Єнченко; Київ. нац. екон. ун-т ім. В.Гетьмана. – К., 2006. – 19 с.
45. Арутюнян І.А., Данкевич Н.О., Сайков Д.В. Оцінка ефективності системи організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств методом імітаційного моделювання // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2021. – Вип. 19. – С. 99–107.
46. Постернак І.М., Постернак С.О., Постернак О.С. Особливості проектування календарного плану забудови містобудівного комплексу у складі ПОБ. Нові технології в будівництві №45 (2024), Київ. С. 26-34.
47. Ковшун Н.Е., Левун О.І. Аналіз та реалізація проектів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2022. 350 с.
48. Котуранова, Т., & Коногова, М. (2022). Проблеми управління інноваційним розвитком будівельних підприємств в Україні. Економічний простір, (182), 83-87.с.

49. Ольга Кравченко, Андрій Кичигін. Планування інновацій підприємств в умовах ринкової економіки. Електронне наукове фахове видання «Адаптивне управління: теорія і практика». Серія «Економіка» Випуск 16(32), 2023.

50. Залунін В.Ф. Організаційно-економічні аспекти стратегії і тактики будівельних організацій в умовах ринку: автореф. дис... д-ра екон. наук: 08.06.02 / В.Ф. Залунін; Нац. мет. акад. України. – Д., 2000. – 33 с.

51. Павлюк Л.В., Савош Л.В. Поняття та значення бізнес-планування для сучасних підприємств. // Регіональна економіка. 2022. № 1 (19(75)). С. 205–209. DOI: 10.36910/2707-6296-2022-19(75)-24.

52. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : практикум / Ю. В. Жерновий ; М-во освіти і науки України, Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.

53. Гуторов О.І. Інвестиційна стратегія підприємства: принципи, методи та етапи розробки. Вісник ХНАУ. Серія : Економічні науки. 2021. Т.2. №2. С.212-226.

54. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз у будівництві : навч. посібн. / К.В. Ізмайлова. – Київ: «Кондор», 2007. – 236 с. – ISBN 966-351-171-0.

55. Ізмайлова О.В. Організаційно-технологічні моделі в інформаційних технологіях управління будівництвом: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., 2005. – 139 с.

56. Інноваційні концептуальні та формально-аналітичні інструменти обґрунтування підготовки та впровадження будівельних інвестиційних проєктів: Монографія / В.О. Поколенко, С.А. Ушацький, Г.В. Лагутін, О.А. Тугай, Н.О. Борисова, О.С. Рубцова: за науковою редакцією В.О. Поколенка. – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2008. – 208 с. - ISBN 978-966-301-154-7.

57. Кальченко А.Г. Логістика: Підручник. / А.Г. Кальченко - Вид.2-ге, без змін. — К.: КНЕУ, 2006. — 284 с.
58. Логістика: навч. посібник / О. Б. Білоцерківський, П. В. Брінь, О. О. Замула, Н. В. Ширяєва. — Харків : НТУ "ХП", 2010. — 152 с.
59. Карп І.М. Використання логістичних систем в управлінні підприємством: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.06.01 / І.М. Карп; Терноп. держ. екон. ун-т. — Т., 2006. — 20 с.
60. Гусарова, Л., & Рубцова, О. Актуальні проблеми бюджетування витрат будівельних підприємств в Україні. Економічний простір, (189), 2924, С. 143-147.
61. Дмитренко В.І. Структура та основні суб'єкти будівельної галузі: безпековий аспект. Вчені записки Університету «КРОК», (1 (57) 2020), С. 147–154.
62. Управління системою забезпечення матеріально-технічними ресурсами в будівництві / кол. монографія за ред. П. П. Микитюка – Тернопіль: ЗУНУ, 2022. – 206 с.
63. Кірнос В.М. Науково-методологічні основи організаційно – технологічного регулювання тривалості та вартості реконструкції промислових підприємств. Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.23.08/ В.М. Кірнос. – Харків: ХТУБА, 1994. – 42 с.
64. Кіряш В.Г. Розробка та аналіз планів реалізації будівельних проектів методами моделювання послідовності виконання будівельно-монтажних робіт / В.Г. Кіряш, В.М. Кірнос, Л.М. Дадіверіна. – Д.: Наука і освіта, 2000. – 63 с.
65. Росинський А. В. Енергоефективність будівельного виробництва як інструмент розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії / А. В. Росинський, І. І. Онофрійчук // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Київ: КНУБА. – 2020. – № 44. – С. 31-39.

66. Прийняття управлінських рішень: навчальний посібник / [Ю. Є. Петруня, Б. В. Літовченко, Т. О. Пасічник та ін.]; за ред. Ю. Є. Петруні. – [3-тє вид., переробл. і доп.], – Дніпропетровськ: Університет митної справи та фінансів, 2015. – 209 с.

67. Конащук В.Л. Вплив часового фактору на динаміку вартості будівельно-монтажних робіт // Економіка: проблеми теорії та практики. Збірн. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2002. – Вип. 167. – С. 66-72.

68. Конащук В.Л. Формування цінової політики будівельних підприємств // Науково-практичний журнал «Регіональні перспективи». – К., 2001. – № 5-6. – С.101-103.

69. Крикавський Є.В. Ефективність і якість у логістичній концепції «trade off» чи «trade up» / Є.В. Крикавський // Логістика: проблеми і рішення. – № 2. - 2010. - С. 18-22.

70. Лагутін Г.В. Адаптація критеріально-розрахункової основи моделей організації будівництва до потреб діяльності будівельних освітньо-інжинірингових груп // Науково-технічний збірник «Містобудування і територіальне планування». - К.: КНУБА, 2008. – Вип.31. – С.188-193.

71. Лагутін Г.В. Інноваційна адаптація моделей організації будівництва до потреб діяльності будівельних освітньо-інжинірингових груп // Міжвідомчий наук.-техн. збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – К.: КНУБА, 2008. – Вип.80. – С.418-424.

72. Лагутін Г.В. Новітні суб'єкти організації будівельного виробництва: методологія, інформаційно-аналітична база, практика впровадження. Монографія / Г.В.Лагутін, О.А. Тугай. – К.: Вид-во Європейського університету, 2006. – 240 с.

73. Ларіна Р.Р. Теоретико-методологічні основи формування регіональних логістичних систем: Автореф. дис...

д-ра екон. наук: 08.10.01 / Р.Р. Ларіна; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2006. – 34 с.

74. Литвин Б.М. Планування діяльності будівельного підприємства / Б.М. Литвин; Тернопольський національний економічний університет. - Тернопіль: ТНЕУ, 2007. - 310 с.

75. Лівінський О.М. Фактори розміщення продуктивних сил та їх економічна оцінка / О.М. Лівінський, Н.В. Коваленко, М.О. Суботенко // Теорія і практика будівництва. Збірник наукових праць. – К.: КНУБА, 2008. – №4. – С.3-7.

76. Жарська І.О. Логістика: навч. посіб. Одеса: ОНЕУ, 2019. 209 с.

77. Логістика: Навчальний посібник / О.М. Тридід, Г.М. Азаренкова, С.В. Мішина, І.І. Борисенко – Київ: Знання, 2008. – 566 с.

78. Мамаєва Т.О. Техніко-економічне обґрунтування в містобудівництві. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 108 с.

79. Шебек М.О., Дубинка О.В., Петренко Д.В., Орищенко В.В., Тугай А.О. Оптимізація строків і вартості інвестиційно-будівельних проєктів шляхом деталізації складових життєвого циклу об'єктів з використанням інформаційного моделювання // Шляхи підвищення ефективності будівництва. – 2019. – Вип. 41. – С. 54–62. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2019.41.54-62>.

80. Математичні моделі та новітні технології управління економічними та технічними системами [Текст] : монографія / за заг. ред В.О. Тімофєєва, І.В. Чумаченко – Харків: ФОП Панов А.М., 2018. – 314 с.

81. Ревунов, О., Рижаківа, Г., Малихіна, О., Предун, К., Приходько, Д., & Орленко, І. (2021). Аналітичні інструменти діагностики систем менеджменту якості підприємств-стейкхолдерів будівельних проєктів. Управління розвитком складних систем, (45), 161–169.

82. Білов Ю.О., Анін В.І. Аналітико-теоретичні аспекти впливу ІТ-технологій у контексті оптимізації організації будівельних процесів // Шляхи підвищення ефективності будівництва. – 2025. – Т. 1, № 55. – С. 40–47.

83. Основи теорії надійності будівель і споруд. Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей усіх форм навчання / В.А Пашинський: – Кіровоград: КНТУ, 2016. – 154 с.

84. Войтович В. Критерії та основні параметри продуктивності планів будівельних робіт. Управління розвитком складних систем, (60), 18–23.

85. Балдук Г. П. Актуальність визначення потенціалу успішності управлінських рішень в керуванні інвестиційно-будівельними проектами / Г.П. Балдук // Управління розвитком складних систем. - 2017. – Вип. 30. – С. 31-38.

86. Менеджмент та управління проектами в будівельній галузі: навч. посіб. / під ред. І. А. Ажаман, Т. В. Смелянець. – Одеса: ОДАБА, 2018. – 268 с.

87. Назаренко І.І. Основи організації використання і ремонту будівельної техніки / І.І. Назаренко, В.І. Сердюк. – К.: «МП Леся», 2003. – 156 с.

88. Окландер М.А. Логістика: підручник / М.А. Окландер. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 346 с.

89. Економіка логістики: навч. посібник / Є. В. Крикавський та ін.; за заг. ред. Є.В. Крикавського, О.А. Похильченко. Львів, 2014. 68-74 с.

90. Організація та управління будівництвом: підручник / О.А. Тугай та ін. О64 Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. – 400 с.

91. Концептуальні засади стратегій інвестиційно-інноваційного розвитку оборонно-промислових комплексів держав. Досвід для України : аналіт. доп. / В. М. Бегма, О. О. Свергунов. – Київ: НІСД, 2019. – 64 с.

92. Якушев, О. і Білан, Є. 2024. Особливості управління діяльністю будівельних підприємств в умовах постконфліктної економіки . Економіка і організація управління. (Вер 2024), 134-142.

93. Організація та проектування логістичних систем: підручник / за ред.. проф.. М.П. Денисенка, проф.. П.Р. Лековця, проф.. Л.І. Михайлової. – К.: Цент учбової літератури, 2010. – 336с.

94. Організація будівництва: підручник для студ. вищих навч. закл. / С. А. Ушацький [та ін.]; ред. С. А. Ушацький. – К.: Кондор, 2007. - 521 с.

95. Організація виробництва: навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / Р.Б. Тянь, І. В. Багрова. – Д.: ДДФЕІ, 2003. – 191 с.

96. Основи менеджменту будівельних інвестиційних проектів: навч. посіб. / С.А. Ушацький, О.А. Тугай, Г.В. Лагутін, В.О. Поколенко, Н.О. Борисова. - К.: Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт, 2008. – 88 с.

97. Павленко Т.В. Моделі вибору пріоритетів у логістичному управлінні: Автореф. дис... канд. екон. наук: 08.03.02 / Т.В. Павленко; Донец. нац. ун-т. – Донецьк, 2002. – 18 с.: рис.

98. Панкевич О.Д. Організація будівництва: навч. посіб. для студ. – Вінниця: Вінниц. нац. техн. ун-т., 2008. – 86 с.

99. Поколенко В.О. Концептуальні основи інжинірингової системи управління великими інвестиційно-будівельними проектами // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – К.: КНУБА, 2001.- Вип.9 - С.44-51.

100. Поколенко В.О. Критеріальні та організаційні основи формування циклу будівельних інвестицій на інноваційних засадах: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.23.08

/ Поколенко Вадим Олегович; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. – К.:КНУБА, 2004. – 39с.

101. Попельнюх Н.О. Математичне та комп'ютерне моделювання двовимірних задач розподілу ресурсів проекту: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Попельнюх Н.О.; Харківський держ. технічний ун-т будівництва та архітектури. – Х.:ХДТБУ, 2008. – 19 с.

102. Войтко С.В. Управління проєктами та стартапами в Індустрії 4.0: підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. 200 с.

103. Левченко Н.М., Іваненко Д.С., Бейнер Н.В., Бейнер П.С., Єремка О.М. Ціноутворення в будівництві з використанням інформаційного моделювання. *Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 202. №45. С.416-428.

104. Формування кумулятивної моделі управління цінністю будівельних проєктів / О. В. Бугров, О. О. Бугрова // Схід-Європ. журнал перед. техн.. – 2017. - № 5/3. – С. 14-22.

105. Анін В.І., Арутюнян І.А., Ічетовкін А.О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. – 2021. – № 19. – С. 5–12.

106. Проєктний аналіз: навч. посіб. / Р.Б. Тянь, О.Б. Ватченко, Є.Ш. Ісхаков, О.В. Оскома. – Д.: ДДФА, 2009. – 244 с.

107. Радкевич А.В. Системотехнічні аспекти організаційно-технологічних рішень відновлення споруд: Моногр. / А.В. Радкевич; М-во трансп. та зв'язку України. – Д.: Вега, 2005. – 346 с.

108. Будівельні організації: сучасні тренди, виклики та трансформації в цифрових умовах ведення бізнесу: монографія / І. В. Станкевич, І. В. Яцкевич, Н. Ю. Ширяєва, М. П. Сахацький, Г. О. Сакун, Д. І. Бедрій, І. М. Окландер. – Одеса: ОДАБА, 2024. – 198 с.

109. А.В. Дружинін, О.А. Давиденко. Проблеми удосконалення календарного планування в будівництві України. Науковий вісник будівництва. Том 87, №1 (2017).

110. Коновалова, О. О. & Лук'янова, В. А. (2017). Шляхи підвищення ефективності діяльності будівельного підприємства. Молодий вчений, 3(43), 684-687.

111. Рижаківа Г.М. Економічна діагностика та багатокритеріальна оптимізація портфелю будівельних інвестицій: дис... канд. екон. наук: 08.07.03 / Г.М. Рижаківа. – К.: КНУБА, 2006. – 210 с.

112. Рогожин П.С. Економіка будівельних організацій / П.С. Рогожин, А.Ф. Гойко. – Київ : Видавничий дім «Скарби», 2001. – 448 с.

113. Управління логістичними системами функціонування будівельного виробництва на основі підтримки єдності моделюючих умов / О. М. Пшінько, І. Д. Павлов, А. В. Радкевич, І. А. Арутюнян // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 2. – С. 61-66.

114. Розробка нових організаційних інструментів інвестиційного менеджменту в структурі інвестиційно-будівельної корпорації / В.О. Поколенко, А.В. Шпаков, Г.В. Лагутін, С.В. Федоренко // Доповіді міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційно-інвестиційні моделі трансформації перехідних суспільств». – К.: Вид-во Мінекономіки України, 2003. – Вип.3. – С.194-207.

115. Ічетовкін А.О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. – 2023. – № 4(103).

116. Савйовський В.В. Методологічні принципи організаційно-технологічного проектування реконструкції цивільних будівель: автореф. дис... д-ра техн.наук : 05.23.08 / В.В. Савйовський. – Х.: ХДТУБА, 2010. – 44 с.

117. Садовський В.І. Основні положення ДБН В.1.2-12-2008 «Безпека при будівництві в умовах ущільненої забудови» і ДБН А.3.1-5-2008 «Організація будівельного виробництва» // Програма V Міжнародної науково-технічної конференції «Нові технології в будівництві», 28-29 травня 2009, м. Київ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 115 с.

118. Сорокіна, Л., & Гойко, А.. Аналіз методів оцінки ризиків інвестиційних проектів в аспекті відновлення національної економіки. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 1(51), 2023, С. 52–73.

119. Сердюченко Н.Б. Оцінка рівня інвестиційного ризику за сукупністю витрат на будівництво // «Будівельне виробництво». Міжвідом. наук.-техн. збірник НДІБВ. – К.:НДІБВ, 2004. – Вип. 45. – С. 32–34.

120. Аналіз ефективності використання матеріально-технічних ресурсів будівельних організацій / П. П. Микитюк, Т. М. Сорока // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2015. – № 2(2). – С. 23-26.

121. Системно-управлінські та інжинірингові засади впровадження інновацій в організацію будівництва: – Монографія / С.А. Ушацький, В.О. Поколенко, О.А. Тугай, Г.В. Лагутін, Н.О. Борисова. – К.: Вид-во Європейського університету, 2003. – 216 с.

122. Скакун В.А. Графо-аналітична модель подолання ризиків підготовчої фази будівельної фази будівельного проекту // Науково-технічний збірник «Містобудування і територіальне планування». - Вип.32. - К.:КНУБА, 2009. - С.422-427.

123. Скакун В.А. Модель «Підготовка-орг-стандарт»-інноваційна методико-аналітична основа попередження ризиків підготовчої фази будівельних проектів // Зб. наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – К.: КНУБА, 2009. – Вип.20. – С.3-13.

124. Скакун В.А. Новітні організаційно-технологічні моделі підготовки будівництва: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / В.А. Скакун. - К.: КНУБА, 2010. – 20 с.

125. Снітко Є.О. Організаційно-технічне забезпечення об'єктів будівництва засобами механізації: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.08 / Є.О. Снітко. – Д.: ПДАБА, 2009. – 19 с.

126. Мартиш О.О. Роль управління в досягненні необхідного рівня організаційно-технологічної надійності при реалізації календарних планів. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2015. Вип. 82. С. 126-131.

127. Дубинка, О., Дворнічен, І. ., Олійник, В. ., Зяхор, Д. ., Молодько, О. Теоретичні основи ресурсного забезпечення в нестійких умовах для інвестиційно-будівельного проекту на стадії проектування. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 2024, С.148–155.

128. Сташевський С.Т. Раціональні форми інвестування і організаційно-економічного забезпечення житлової забудови великих міст // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2000. – Вип.8. – С.216-221.

129. Теоретичні та прикладні засади інвестиційно-інноваційного розвитку економіки і ринку праці в Україні: монографія / В.Г. Федоренко, Ю.М. Маршавін, І.Ф Гнібіденко, В.О. Поколенко, А.В. Шпаков: за заг. ред. В.Г. Федоренка. – К.: ІПК ДЗЗУ, 2007. – 317 с. - ISBN 978-966-8640-25-4

130. Тріфонов І.В. Удосконалення методології управління ресурсами у відповідності з планами реалізації будівельних проектів (на прикладі вантажопідйомних машин): автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / І.В. Тріфонов; Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. – Д.: ПДАБА, 2000. – 16 с.

131. Тугай А.М. Економіка будівельних організацій / А.М. Тугай, Е.Й. Шилов, А. Ф. Гойко. – К.: Міленіум, 2002. – 196 с.

132. Кулік М.В. (2022) ВІМ як база для механізму управління будівельними проектами / Д.С. Іваненко, М.В. Кулік, А.А. Бобраков, А.В. Москальова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 42 // Рівне, НУВГП – 2022. – С. 175-184.

133. Тугай О.А. Інноваційні основи розширення метричної конструкції та меж застосування сіткових моделей організації будівництва із нечіткими аргументами // Будівельне виробництво. Наук.-техн. зб. Матеріали конференції «Шляхи активізації інноваційної діяльності в Україні». – К.: НДІБВ, 2008. – Спецвипуск. – С. 96-98.

134. Тугай О.А. Методологія побудови варіативних моделей процесів організації будівництва за допомогою теорії нечітких мір // Містобудування та терит. планування. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 27. – С. 301-304.

135. Тугай О.А. Система адаптації організації будівництва до євростандартів: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.23.08 / О.А. Тугай; Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та архіт. – Х.: ХДТУБА, 2008. – 33 с.

136. Ціннісно-орієнтоване управління змістом будівельного проекту / О. Б. Данченко, М. М. Нахімі, О. Ю. Савіна // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2020. – № 2. – С. 23-31.

137. Летницький, А. (2025). Маркетингові аспекти планування та організації будівельних проектів із застосуванням адитивних технологій. Економіка та суспільство, (72). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-1634>.

138. Подвальна Г. В., Бочко О. Ю. Управління персоналом будівельних підприємств в умовах цифровізації: основні підходи та проблеми. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права, 24, 2020. С. 50-55..

139. Ковров А. В., Менейлюк О. І., Нікіфоров О. Л. Шаблон управління будівництвом – нова інформаційно-комунікаційна концепція. Одеса : ОДАБА, 2021. 165 с.

140. Кулікова, Л. В. (2017). Сучасні тенденції розвитку будівельних підприємств. Інвестиції: практика та досвід, (8), С. 52-55.

141. Управління проектами: навч. посібник / за ред. О.В. Ульянченка та П.Ф. Цигікала. – Харків: ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2010. – 522 с.

142. Підлипний, Ю. В., Гуштан, Т. В., Каганець-Гаврилко, Л. П., & Самсонов, О. С. (2023). Можливості інформаційного моделювання будівель для діджиталізованого управління ризиками в будівництві. Scientific Bulletin of UNFU, 33(1), 45-51.

143. Уваров П.С. Принципи інтегрованого організаційно-технологічного проектування інвестиційно-будівельної діяльності: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.08 / П.С. Уваров; Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – Д.:ПДАБА, 2008. – 19 с.

144. Удовенко О.М. Теоретичні засади самоінвестування будівельного комплексу / О.М. Удовенко, М.П. Педан // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. пр. – К.: КДТУБА, 2000. – №8. – С.164-168.

145. Удосконалення методів оцінки ефективності діяльності підприємств / С.Я. Салига, К.С. Салига, Л.І. Кирилова, О.В. Скачкова. – Запоріжжя: ГУЗапоріж. ін-т. держ. та муніцип. упр., 2007. – 55 с.

146. Д.Ю. Чашин, О.А. Рахманін, Д.В. Хіль. Упровадження BIM-технологій як основи для створення

комплексних інформаційних моделей в керуванні будівництвом. Український журнал будівництва та архітектури, №1 (2022). С.63-70.

147. Khudhaire H., Ibrahim N., Hafeth H. Using Building Information Modeling to Retrofit Abandoned Construction Projects in Iraq to Achieve Low-energy / H. Khudhaire, N. Ibrahim, H. Hafeth. – IJE Transactions C: Aspects. – 2021. – Vol. 34. – No. 03c (March). – pp. 644–649.

148. Ушацький С.А. Вибір пріоритетів щодо об'єктів інвестиційного процесу в умовах недостатньої інформаційної визначеності / С.А. Ушацький, В.О. Поколенко // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин в Україні». – К.: КНУБА, 1998. – С. 34-43.

149. Іваненко Д.С., Бобраков А.А. Підвищення ефективності будівельних проєктів завдяки оптимізованим логістичним рішенням / Іваненко Д.С., Бобраков А.А. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2023. – Вип. 43. – С. 292–300.

150. Федоренко В.Г. Діяльність підприємств будіндустрій в умовах приватизації / Федоренко В.Г., Денисенко М.П., Гаврилова Т.В., Кабанов В.Г. // Будівельне виробництво. – К.: КНДІБЗ, 2002. – Вип. 43. – С. 69-72.

151. Мамонов К.А., Пруненко Д.О., Фролов В.О., Фролов С.О. Стейкхолдерно-орієнтований підхід до визначення інвестиційної привабливості будівельних підприємств // Науковий вісник будівництва. – 2024. – № 111. – С. 160–165.

152. Фісуненко П.А. Організаційно-економічний механізм моніторингу ефективності використання фінансових ресурсів будівельного підприємства: автореф. дис... канд. екон. наук: 08.07.03 / П.А.Фісуненко. – Х.:ХНАМГ, 2006. – 21с.

153. Реновація промислової забудови та її адаптація до сучасного міського середовища : монографія / [Ю. І. Гайко, Є. Ю. Гнатченко, О. В. Завальний, Е. А. Шишкін; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Е. А. Шишкіна] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 353 с.

154. Фролова Л.В. Логістичне управління підприємством: теоретико-методологічні аспекти: Монографія / Л.В. Фролова - Донецьк: ДонДУЕТ ім. Туган - Барановського, 2004. - 161 с.

155. Папірник Р. Б., Дікарев К. Б., Селецький В. В., Коваль В. В. (2024). Упровадження інноваційних технологій виконання будівельно-монтажних робіт в особливих умовах. Український журнал будівництва та архітектури, 5(023), С. 124–125.

156. Назаренко, С., Черноус, О., & Филик, А. Механізми управління ризиками в процесі збутової діяльності підприємства. Економіка та суспільство, (68), 2024. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-145>.

157. Кібік О., Слободянюк О., Примаченко І., Кузнецова Л. К38 Фінансове забезпечення проекту : навч.-метод. посіб. [Електронне видання] / О. Кібік, О. Слободянюк, І. Примаченко, Л. Кузнецова; Нац. ун-т «Одес. юрид. академія». – Одеса : Фенікс, 2023.– 118 с.

158. Чашин Д.Ю. Удосконалення організаційно-технологічної підготовки зведення об'єктів будівництва: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.08 / Д.Ю. Чашин; Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. - Д.: ПДАБА, 2004. – 20 с.

159. Черненко В.К. Технологія будівельного виробництва / В.К.Черненко, М.Г. Ярмоленко. – К.: Вища шк., 2002. – 430 с.

160. Чертков О.Ю. Організаційно-логістична модель як науково-теоретична основа підготовки будівельного

виробництва // Зб. наукових праць «Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання». - К.: КНУБА, 2006. - Вип.9. - С.118-122.

161. Ivanenko D., Bobrakov A., Yakimov Y., Kulik M. (2025) The Impact of Blockchain Technology on Supply Chain Management in the Construction Industry. Sustainable Development in Economics, Technology and Environmental Engineering. ISC SAI 2023. Sustainable Economy and Ecotechnology. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-91953-4-12>.

162. Куцевич Б. Досвід проектування та будівництва енергоефективних офісних будівель в Україні (друга половина ХХ ст. – перші десятиліття ХХІ ст.) / Б. Куцевич // Українська академія мистецтва. – 2023. – № 33. – С. 70–78.

163. Шапіро Б.А. Інжинірингова система управління великими інвестиційно-будівельними проектами // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2000. – Вип.11. – С.298-303.

164. Удосконалення логістичних рішень ресурсно-календарного забезпечення перебудови будівель та споруд виробничого призначення [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Бобраков Анатолій Анатолійович; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ, 2012. - 171 арк.: рис., табл. - Бібліогр.: арк. 136-155.

165. Економіко-математичні моделі оцінки ефективності зовнішньоекономічної діяльності / П. І. Примак, М. О. Скідан // Mathematical methods, models and information technologies in economics. – 2023. – УДК 339.54. .

166. Chelstowska, A., Osypchuk, O., & Sosik, K.. The impact of construction logistics and project implementation on urban quality of life: The grounded theory approach. *Sustainability*, 17(6), 2651. 2025. <https://doi.org/10.3390/su17062651>.

Для нотаток

Для нотаток

Наукове видання

Анатолій Анатолійович БОБРАКОВ
Дмитро Сергійович ІВАНЕНКО
Ольга Станіславівна ОМЕЛЬЧЕНКО

**ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ
ПЕРЕБУДОВОЮ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ
НА ОСНОВІ СТРАТЕГІЙ РЕСУРСНО-
ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Монографія

Видавець:

ТОВ «Видавництво „СТАТУС“»

Адреса редакції: Україна, 69057, м. Запоріжжя,

Соборний просп., буд. 158, оф. 249.

моб. +38 (068) 448-11-28, mail@status.zp.ua | <http://status.zp.ua>

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК № 5316 від 03.04.2017

Здано в набір 03.12.2025. Підписано до друку 10.12.2025.

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний № 1. Гарнітура Таймз.

Друк цифровий. Ум. друк. арк. 8,6. Обл.-вид. арк. 5,01.

Друк. арк. відбиток 2580,75. Наклад 300 прим.

Замовлення № 13 051/О. Ціна договірна.

Термін придатності книжки необмежений.

Віддруковано:

поліграфічним підприємством ФОП О. В. Яндола

м. Запоріжжя, вул. Університетська, 51,

тел. (067) 270 60 00

www.copy.zp.ua