

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

О.І. Чуб, М.В. Новожилова

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ РОБІТ
НА ІНФРАСТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТАХ

Монографія

Харків
ХНУМГ ім. О.М. БЕКЕТОВА
2017

УДК 519.85

Ч23

Рецензенти:

Козін Ігор Вікторович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри економічної кібернетики Запорізького національного університету

Кононенко Ігор Володимирович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри стратегічного управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Рекомендовано до друку вченою радою
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, протокол № 2 від 29.09.2017 р.

Ч23 Чуб О.І. Багатокритеріальна оптимізація ресурсного забезпечення відновлюваних робіт на інфраструктурних об'єктах: Монографія / О.І. Чуб, М.В. Новожилова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М.Бекетова, 2017. – 150 с.

В монографії запропоновані моделі і методи управління ресурсним потенціалом комунальних підприємств мегаполісу, досліджені та класифіковані типи невизначеностей, які впливають на функціонування підприємств в сфері водопостачання та водовідведення, а також обґрунтовані методичні рекомендації щодо підвищення ефективності використання ресурсного потенціалу таких підприємств.

У дослідженні реалізовано авторський підхід, в рамках якого розроблені інструментальні засоби планування ресурсного потенціалу комунальних підприємств водопостачання на основі побудови оптимальних планів розподілу ресурсів.

Рекомендується для викладачів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів спеціальностей 122 – Комп'ютерні науки, 126 – Інформаційні системи та технології, 051 – Економіка.

УДК 519.85

© О.І. Чуб, М.В. Новожилова, 2017

© ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017

ВСТУПНЕ СЛОВО

Панова Віталія Володимировича,

Генерального директора КП «Харківвводоканал»



Сучасні українські реалії сприяють впровадженню нових проактивних методів управління компаніями і персоналом в різних галузях людської діяльності. Сфера житлово-комунального господарства не є винятком. Вирішуючи масштабні економічні та соціальні проблеми, комунальна галузь формує замовлення на пошук оптимальних технічних, технологічних і організаційних рішень, які мають мультиплікативний ефект для всієї економіки. Разом з тим в комунальній галузі потрібні кількісні та якісні перетворення, які сприяють більш ефективному вирішенню

завдань надання населенню якісних послуг, реалізації масштабних інфраструктурних проектів, що відкривають можливості для розвитку промислово-економічного потенціалу окремого регіону та України в цілому.

Скорочення платоспроможного попиту, дефіцит фінансування та оборотних коштів, обмежені ресурси, невизначеність поведінки зовнішнього середовища – все це змушує сучасні комунальні підприємства ретельно підходити до стратегічного планування своєї діяльності, виважено ставитися до використання ресурсів, враховувати зміни ринкової кон'юнктури і оцінювати ризики, що реалізуються.

Потреба в розробці математичних моделей та оптимізаційних методів управління ресурсним потенціалом стає дедалі більшою. Стратегічне управління ресурсним потенціалом переходить від розгляду кожного окремого проекту з відновлювання інфраструктурного об'єкту до формування ефективного портфеля проектів, що дозволяє підприємству зберігати свої позиції в ринкових умовах.

Методологія та технологія управління ресурсами комунального підприємства викладена в багатьох підручниках, монографіях і практичних

рекомендацій. Однак сьогодні великі комунальні підприємства реалізують не один проект, а кілька проектів одночасно, тому з'являється необхідність виділяти найважливіші проекти і грамотно розподіляти ресурси для досягнення стратегічних цілей підприємства та регіону.

Існуючі моделі і методи управління ресурсним потенціалом та ресурсним забезпеченням комунального підприємства не в повній мірі відповідають сучасним вимогам і не мають єдиної методології.

Пропонована читачеві монографія присвячена постановці та вирішенню цих завдань. Особливістю підходу, який розвивається авторами, є виділення комплексу моделей і методів управління ресурсним потенціалом, реалізованого алгоритмічно і у вигляді комп'ютерних програм з успішною апробацією в практиці управління проектами з відновлювання реальних інфраструктурних об'єктів.

Дана робота – результат багаторічних досліджень авторів, послідовно спрямованих на підвищення ефективності управління ресурсним забезпеченням та ресурсним потенціалом комунального підприємства в галузі водопостачання та водовідведення.



Панов Віталій Володимирович,

Генеральний директор КП «Харківводоканал»,
член-кореспондент Інженерної академії України,
депутат Харківської обласної ради VII скликання

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. НАЦІОНАЛЬНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ..	12
1.1. Історія розвитку та сучасний стан державного регулятора в сфері водопостачання та водовідведення.....	12
1.2. Цінове регулювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення.....	16
1.3. Житлово-комунальне господарство як підсистема соціально-економічної структури регіону.....	22
Висновки по розділу 1.....	32
РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА У СФЕРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	33
2.1. Склад і структура ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання та його підсистем.....	33
2.2. Побудова множини частинних критеріїв ефективності функціонування комунальних підприємств.....	46
2.3. Аналіз економіко-математичних моделей і методів оптимального планування як функції управління ресурсами.....	53
Висновки по розділу 2.....	59
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	61
3.1. Побудова динамічної функції попиту на послуги ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання.....	61
3.2. Концепція моделювання управління ресурсним потенціалом комунального підприємства, яка заснована на теорії оптимального розміщення.....	68
3.3. Побудова мультипроектної моделі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства як оптимізаційної задачі розміщення.....	83
Висновки по розділу 3.....	88
РОЗДІЛ 4 ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА У МУЛЬТИПРОЕКТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	90
4.1. Управління ресурсами комунального підприємства водопостачання з урахуванням невизначеності факторів впливу зовнішнього і внутрішнього середовища.....	90
4.2. Розв'язання багатокритеріальної задачі управління ресурсним	

потенціалом підприємства в детермінованій постановці.....	98
4.3. Принцип побудови, структура і технологія функціонування спеціалізованої інформаційної системи планування ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання.....	109
4.4. Розв'язання задачі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства «Харківводоканал»....	118
Висновки по розділу 4.....	124
Список використаної літератури.....	125
Додаток А.....	140

ВСТУП

Найважливішою складовою регіональної організаційно-економічної системи є житлово-комунальне господарство (ЖКГ). ЖКГ – це основа життєзабезпечення мегаполіса, його інфраструктурний потенціал, який є базовим для формування високого рівня життя населення [32]. До комплексу житлово-комунальних підприємств відноситься комунальне підприємство (КП) водопостачання і водовідведення, спектр функцій якого включає виконання ремонтно-будівельних робіт на власних об'єктах, а також роботи по заміні і реконструкції водопровідних мереж та мереж водовідведення.

Критичний рівень зносу основних фондів, зростаюча заборгованість населення з оплати наданих послуг водопостачання та водовідведення разом з підвищенням вимог щодо якості послуг, значна енергозалежність комунальних підприємств, обмеженість наявних ресурсів, необхідність врахування різних (економічних, соціальних, екологічних тощо) критеріїв ефективності роботи комунальних підприємств – всі ці та інші чинники підвищують актуальність проблеми оптимального управління ресурсним потенціалом комунальних підприємств з метою забезпечення своєчасної реновації їх основних фондів. Вирішення цієї проблеми можливе на основі розвитку та застосування теорії оптимізації та методів дослідження операцій, що в сукупності складають інструментарій підтримки управлінських рішень.

Управління ресурсним потенціалом комунального підприємства в якості базової складової включає процес стратегічного і оперативного планування, а також регулювання ресурсного потенціалу підприємства та його підсистем, зокрема, ремонтно-будівельної організації (РБО), як базової складової.

Для вирішення проблеми оптимального планування ресурсів комунального підприємства в сучасних умовах зовнішнього та внутрішнього середовища, яке змінюється дуже динамічно, необхідна розробка і реалізація спеціального комплексу математичних моделей, оптимізаційних методів та інформаційних технологій. В свою чергу, такий комплекс дозволяє підвищити ефективність використання наявних ресурсів на основі врахування специфіки функціонування ремонтно-будівельних організацій, що забезпечує реалізацію мультипроектного підходу до процесу управління.

Фундаментальні результати в галузі математичного моделювання та розв'язання задач оптимального планування ресурсного потенціалу підприємств та оптимального розміщення отримані науковими школами академіків АН УССР О.О. Бакаєва [17], академіка В.С. Михалевича [53, 54], академіка НАН України І.В. Сергієнка [83], академіка НАН України Н.З. Шора [51], чл.-кор. НАН України Ю.Г. Стояна [89], О.П. Суслова [74], Т.П. Подчасової [73] та інших вчених.

Концептуальні засади вирішення проблем застосування математичних моделей і методів в управлінні регіональними соціально-економічними системами розглянуті в роботах академіка НАН України В.М. Гейца [26], чл.-кор. НАН України Ю.Г. Лисенка [47], В.Д. Базилевича [15], А.Я. Берсуцького [19], В.В. Вітлінського [22], М.О. Кизима [98], Л.Н. Сергєєвої [82], В.М. Вовка [23], В.Я. Заруби [34], Р.М. Лепи [44], Т.С. Клебанової [38], О.І. Феклістова [105].

Техніко-економічні аспекти функціонування, а також проблеми фінансування, розвитку і реформування житлово-комунального господарства досліджуються в роботах В.І. Торкатюка [102], Л.Н. Шутенка [103], В.А. Петросова [72], О.В. Димченко [31], О.А. Лук'янченка [46], Д.Ф. Гончаренка [29], Н.Є. Лелюк [43], Л.М. Бражникової [20], Г.І. Дєєвої [30], В.П. Полуянова [75], М.М. Забаштанського [33] та інших авторів.

При цьому розрізняють задачі планування ресурсів підприємства [33], де умови унікальності дій, що вимагають певного набору ресурсів та обмеженості часового ресурсу, відсутні або не є критичними, а також задачі управління ресурсами інвестиційно-будівельного проекту [25, 41, 165, 167] як скінченної множини операцій, на якому введено відношення часткової впорядкованості.

Математичні моделі та оптимізаційні методи розв'язання задач оптимального планування обмежених ресурсів з урахуванням невизначеності зовнішнього середовища, які засновані на використанні арсеналу нечіткої логіки, м'яких обчислень, інтервальної математики, розглядаються в роботах Ю.Г. Лисенка і співавторів [57], А.І. Слепцова [87], М.В. Новожилової [66], К. Neumann [160], S.A. MirHassani [158] та інших вчених.

Разом з тим аналіз вітчизняних і зарубіжних наукових джерел свідчить про недостатній рівень дослідження задач оптимізації процесу стратегічного і оперативного планування ресурсного потенціалу, як невід'ємних складових процесу управління ресурсним потенціалом комунального підприємства.

Розробка та реалізація комплексу відповідних економіко-математичних моделей, методів та інформаційної технології має здійснюватися на основі врахування специфіки функціонування РБО КП, а саме мультипроектної організації виробничого процесу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства, наявності багатьох критеріїв якості планування роботи організації, невизначеності впливу зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства, необхідності розподілу багатьох ресурсів в умовах жорстких обмежень на їх використання та інших факторів.

Таким чином, в монографії розглядається актуальна наукова проблема побудови економіко-математичних моделей і методів оптимізації процесу управління ресурсним потенціалом комунального підприємства водопостачання.

В рамках даної наукової проблеми у дослідженні сформульовані і розв'язані такі *наукові задачі*:

- проведено аналіз категорії «управління ресурсним потенціалом» комунального підприємства та визначено місце процесів планування і регулювання ресурсного потенціалу як складових управління;

- удосконалено систему економічних і соціальних критеріїв ефективності роботи комунального підприємства водопостачання та виконана формалізація їх взаємозв'язку;

- розвинена класифікація факторів невизначеності впливів зовнішнього і внутрішнього середовища на процес планування ресурсного потенціалу комунального підприємства;

- вдосконалено динамічну модель функції попиту на послуги РБО КП водопостачання по відновленню основних фондів КП як складової ресурсного потенціалу;

- розроблено концепцію побудови багатокритеріальної оптимізаційної економіко-математичної моделі планування та регулювання використання ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання;

- розроблено модифікації точного і наближеного методів розв'язання оптимізаційної задачі планування ресурсного потенціалу РБО КП водопостачання в детермінованій постановці і в умовах невизначеності зовнішнього середовища;

- розвинена інфологічна модель інформаційно-аналітичної системи управління ресурсним потенціалом комунального підприємства водопостачання та його підсистем;

- проведена реалізація і апробація розроблених моделей з управління ресурсним потенціалом КП водопостачання (на прикладі КП «Харківводоканал», м. Харків).

Об'єкт дослідження – процес управління ресурсним потенціалом комунального підприємства в частині його стратегічного і оперативного планування.

Предмет дослідження – економіко-математичні моделі та оптимізаційні методи управління ресурсним потенціалом комунального підприємства.

Для опису об'єкта дослідження і побудови логіки дослідження використані інструментальні засоби структурно-логічного аналізу. Для дослідження сучасних тенденцій розвитку регіональної економічної системи та оцінки стану КП в сфері водопостачання та водовідведення застосовані методи системного, порівняльного і статистичного аналізу.

Побудова і аналіз моделі основної оптимізаційної задачі в монографії здійснено на основі методології математичного моделювання складних систем і теорії оптимізаційного геометричного проектування. При розв'язанні

оптимізаційної задачі розміщення, яку інспірує задача оперативного планування ресурсів підприємства, використані чисельні методи математичного програмування.

Для побудови інформаційної технології розв'язання задачі оптимального планування багатьох ресурсів комунального підприємства застосована методологія об'єктно-орієнтованого програмування.

Інформаційною базою дослідження є Закони України «Про державний бюджет України» на 2009-2017 рр., Статистичні матеріали Державної служби статистики України, Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Головного управління статистики в Харківській області, аналітичні матеріали Департаменту бюджету і фінансів Харківської міської ради, комунального підприємства «Харківводоканал».

На основі системного наукового дослідження в монографії висвітлено такі результати:

- розроблено концепцію моделювання управління ресурсним потенціалом комунального підприємства у сфері водопостачання та водовідведення, яка базується на теорії оптимального розміщення і дозволяє сформулювати стратегію ефективного використання ресурсного потенціалу для підвищення рівня якості житлово-комунальних послуг і забезпечення високої якості життя населення мегаполісу;

- визначено систему частинних критеріїв ефективності роботи комунального підприємства мегаполісу, що надає послуги з водопостачання та водовідведення, яка на відміну від інших, враховує економічні і соціальні критерії ефективності діяльності і є базою визначення комплексної оцінки рівня життя населення мегаполісу;

- запропоновано динамічну модель функції попиту на продукцію ремонтно-будівельної організації комунального підприємства, яка на відміну від відомих функцій попиту, дозволяє оцінити розмірність оптимізаційної моделі планування ресурсного потенціалу;

- побудовано точний і наближений методи розв'язку оптимізаційної задачі планування багатьох ресурсів комунального підприємства, як задачі оптимального розміщення, що на відміну від існуючих підходів забезпечують побудову оптимальних планів використання множини обмежених ресурсів в умовах мультипроектного середовища;

- виконано структурну і параметричну ідентифікацію економіко-математичної моделі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства, яка, на відміну від відомих підходів, враховує специфіку роботи в сфері водопостачання та водовідведення;

– наведено класифікацію факторів невизначеності впливів зовнішнього і внутрішнього середовища комунального підприємства, виходячи з урахування специфіки сфери водопостачання та водовідведення;

– розроблено інфологічну модель інформаційно-аналітичної системи планування ресурсного потенціалу комунального підприємства у сфері водопостачання та водовідведення, як основи інформаційної технології оптимізації використання ресурсного потенціалу.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в тому, що запропонована багатокритеріальна економіко-математична модель планування ресурсного потенціалу може бути використана для визначення оптимального плану розподілу наявних ресурсів комунального підприємства водопостачання, зокрема його ремонтно-будівельної організації. Отримані результати дають можливість здійснювати моніторинг використання ресурсного потенціалу комунальних підприємств у сфері водопостачання та водовідведення з урахуванням факторів невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища.

Запропоноване в дослідженні методичне, алгоритмічне і програмне забезпечення може бути використано при розробці плану проведення поточного та капітального ремонту інженерних комунікацій мегаполісу.

Основні результати дослідження впроваджені в практичну діяльність комунального підприємства «Харківводоканал», а також в навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки та Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова при викладанні лекційних курсів та проведенні дипломного проектування для студентів спеціальностей 122 – Комп'ютерні науки, 126 – Інформаційні системи та технології, 051 – Економіка.

Автори виражають подяку Шульзі Н.А. за значну технічну допомогу при підготовці рукопису монографії.

РОЗДІЛ 1

НАЦІОНАЛЬНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Досліджено основні етапи генезису сфери надання комунальних послуг України. Визначено роль і ступінь впливу Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Надано принципи цінового регулювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення.

Проаналізовано особливості житлово-комунального господарства як підсистеми соціально-економічної системи регіону. Описано основні характеристики сфери житлово-комунальних послуг м. Харкова. Проведено техніко-економічний аналіз КП «Харківводоканал», яке є основним обслуговуючим об'єктом міського господарства, визначено специфіку діяльності ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання

1.1. Історія розвитку та сучасний стан державного регулятора в сфері водопостачання та водовідведення

Підприємства, які функціонують в сфері житлово-комунального господарства України, є природними монополістами.

Історія системи регулювання природних монополій в Україні розпочалась у грудні 1994 року, коли була створена Національна комісія регулювання електроенергетики України (НКРЕ) як незалежний, позавідомчий, постійно діючий державний орган регулювання електроенергетичного сектору [179]. НКРЕ була третім органом регулювання енергетики в Європі і при її заснуванні був використаний більш ніж сторічний досвід органів регулювання США та досвід першого європейського регулятора енергетики – британського Office of Electricity Regulation (OFFER), створеного в 1989 році. Зокрема, для забезпечення фінансової та організаційної незалежності НКРЕ було передбачено її фінансування за рахунок внесків ліцензіатів, а співробітники НКРЕ не були державними службовцями і мали досить конкурентний рівень заробітної плати. У 1998 році повноваження НКРЕ були розширені і до сфери її регулювання було додано нафтогазовий сектор.

У 1999 році НКРЕ втратила незалежний статус – вона була включена до системи органів виконавчої влади як центральний орган виконавчої влади зі

спеціальним статусом. З 2011 року НКРЕ – державний колегіальний орган, підпорядкований Президенту України і підзвітний Верховній Раді України.

Зі створенням у 2011 році Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері комунальних послуг, в Україні було запроваджено регулювання на національному рівні у сферах теплопостачання і централізованого водопостачання та водовідведення. У серпні 2014 року національні комісії, що здійснюють державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, було ліквідовано та створено Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) [180]. НКРЕКП створено як державний колегіальний орган регулювання діяльності у сферах енергетики та комунальних послуг, підпорядкований Президенту України і підзвітний Верховній Раді України.

У 2016 році Верховною Радою України було прийнято Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» [181] (Закон про НКРЕКП), яким створено законодавче підґрунтя для функціонування НКРЕКП, як незалежного Регулятора, з завданнями, функціями та повноваженнями відповідно до положень «Третього пакета» [182] енергетичного законодавства ЄС.

Відповідно до Закону про НКРЕКП, що набув чинності 26.11.2016, НКРЕКП є постійно діючим, незалежним, колегіальним органом, який здійснює державне регулювання, моніторинг та контроль за діяльністю суб'єктів господарювання в електроенергетиці, нафтогазовому секторі, сферах централізованого теплопостачання, централізованого водопостачання та водовідведення, а також у сферах перероблення та захоронення побутових відходів.

Основними завданнями НКРЕКП є:

- 1) забезпечення ефективного функціонування та розвитку ринків у сферах енергетики та комунальних послуг;
- 2) сприяння ефективному відкриттю ринків у сферах енергетики та комунальних послуг для всіх споживачів і постачальників та забезпечення недискримінаційного доступу користувачів до мереж/трубопроводів;
- 3) сприяння інтеграції ринків електричної енергії, природного газу України з відповідними ринками інших держав, зокрема в рамках Енергетичного Співтовариства, співпраці з Радою регуляторів Енергетичного Співтовариства, Секретаріатом Енергетичного Співтовариства та національними регуляторами енергетики інших держав;
- 4) забезпечення захисту прав споживачів товарів, послуг у сферах енергетики та комунальних послуг щодо отримання цих товарів і послуг належної якості в достатній кількості за обґрунтованими цінами;

5) сприяння транскордонній торгівлі електричною енергією та природним газом, забезпечення інвестиційної привабливості для розвитку інфраструктури;

б) реалізація цінової і тарифної політики у сферах енергетики та комунальних послуг;

7) створення сприятливих умов для залучення інвестицій у розвиток ринків у сферах енергетики та комунальних послуг;

8) сприяння впровадженню заходів з енергоефективності, збільшенню частки виробництва енергії з відновлюваних джерел енергії та захисту навколишнього природного середовища;

9) сприяння розвитку конкуренції на ринках у сферах енергетики та комунальних послуг.

Основним механізмом НКРЕКП для регулювання діяльності суб'єктів господарювання є видача, зупинення, поновлення або відкликання ліцензії на різні види господарської діяльності.

В таблиці 1.1 наведений розподіл ліцензіатів за сферами регулювання станом на 01.01.2017 року.

Таблиця 1.1

Розподіл ліцензіатів за сферами регулювання

Сфера регулювання	Кількість діючих ліцензій
Сфера електроенергетики	402
Нафтогазовий комплекс	95
Сфера теплопостачання	703
Централізоване водопостачання та водовідведення	144
Усього	1344

Державне регулювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення в Україні започатковано у 2011 році.

Поняття сфери централізованого водопостачання та водовідведення визначено Законом України «Про питну воду та питне водопостачання» [174]:

– централізоване питне водопостачання – господарська діяльність із забезпечення споживачів питною водою за допомогою комплексу об'єктів, споруд, розподільних водопровідних мереж, пов'язаних єдиним технологічним процесом виробництва та транспортування питної води;

– централізоване водовідведення – господарська діяльність із відведення та очищення комунальних та інших стічних вод за допомогою комплексу об'єктів, споруд, колекторів, трубопроводів, пов'язаних єдиним технологічним процесом.

Системи централізованого водопостачання та водовідведення в Україні перебувають у комунальній власності, тому управління більшістю аспектів їх діяльності належить до повноважень органів місцевого самоврядування та обласних державних адміністрацій (погодження річних планів діяльності водопровідно-каналізаційних господарств, обсягів виробництва, норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів, інвестиційних програм, нормативів (норм) питного водопостачання, обмеження питного водопостачання до рівня екологічної броні тощо).

З усіх виробничих об'єктів водопровідно-каналізаційних господарств найбільше потребують відновлення мережі водопостачання та водовідведення, від стану яких суттєво залежить якість надання послуг. Проте, вартість відновлення мереж є такою високою, що лише за рахунок амортизації здійснити її неможливо – тривалість відновлення перевищила б сотні років. Наприклад, загальна довжина мереж водопостачання ліцензіатів НКРЕКП становить 69,1 тис. км, у тому числі ветхими та аварійними є 45 %. Кошти підприємств, що можуть бути використані для цілей відновлення (річний обсяг амортизації), становлять близько 420 млн грн, а вартість відновлення є більшою у 395 разів.

В таблиці 1.2 описаний стан водопровідних та каналізаційних мереж України на 01.01.2017 року.

Таблиця 1.2

Стан водопровідних та каналізаційних мереж

Показник	Водопостачання	Водовідведення
Довжина мереж, км	69110	31979
у т. ч. довжина ветхих та аварійних мереж, км.	31430	13408
Частка ветхих та аварійних мереж, %	45	42
Вартість відновлення, млн. грн.	165473	82654
Сума амортизації на 1 рік, млн. грн.	418	386
Тривалість повного відновлення мереж за рахунок амортизації, років	395	214

У таких умовах необхідним є пошук нових механізмів для додаткового стимулювання ліцензіатів до здійснення заходів з підвищення ефективності їх виробничої діяльності, запровадження новітніх технологій та забезпечення відновлення основних фондів. Крім того, існує конфлікт інтересів нинішніх і майбутніх споживачів: перші з них зацікавлені в отриманні послуг сьогодні і

воліють не перейматись питаннями забезпечення можливості отримання таких послуг майбутніми поколіннями, які в той же час не можуть відстоювати свої права сьогодні та зацікавлені в тому, щоб унаслідувати інфраструктуру на прийнятному функціональному рівні.

Засобом покращення існуючого становища НКРЕКП вбачає запровадження системи регулювання сфери централізованого водопостачання та водовідведення, у тому числі встановлення тарифів на принципах стимулюючого регулювання.

1.2. Цінове регулювання у сфері централізованого водопостачання та водовідведення

Основним принципом цінової та тарифної політики, згідно з вимогами енергетичного законодавства ЄС, яке імplementовано в Україні, є приведення регульованих тарифів та цін до рівня покриття витрат (cost reflective prices/tariffs) та уникнення перехресного субсидіювання.

У структурі собівартості послуг з централізованого водопостачання та водовідведення головними статтями витрат є витрати на електричну енергію та на оплату праці. Іншими вагомими складовими собівартості є амортизація, витрати на реагенти та паливно-мастильні матеріали, а також на сплату податків і зборів, зокрема збору за спеціальне використання води (рентна плата), плати за користування надрами для видобування прісних підземних вод.

Середньозважена собівартість послуг у сфері централізованого водопостачання та водовідведення впродовж 2016 року, як і попереднього 2015 року, продовжувала зростати, зберігаючи темпи (рис. 1.1).



Рисунок 1.1. Динаміка середньозваженої собівартості послуг у сфері централізованого водопостачання та водовідведення за 2014-2016 рр.

У 2016 році рівень середньозваженого тарифу на централізоване водоспоживання (водопостачання та водовідведення) становив 9,87 грн/м³ (без ПДВ), що на 18 % вище рівня попереднього року (8,33 грн/м³). Зростання тарифів пов'язано з падінням обсягів реалізації послуг централізованого водопостачання (рис. 1.2).

У 2016 році продовжувалась тенденція зменшення обсягів реалізації послуг з централізованого водопостачання – порівняно з 2015 роком відбулось скорочення на 6 % або на 96,2 млн м³ за рахунок падіння обсягів реалізації іншим водопровідно-каналізаційним господарствам (-13 % або -57,8 млн. м³) та іншим споживачам (-16 % або -42,3 млн. м³). Обсяги реалізації послуг з централізованого водовідведення майже не змінились порівняно з попереднім роком.

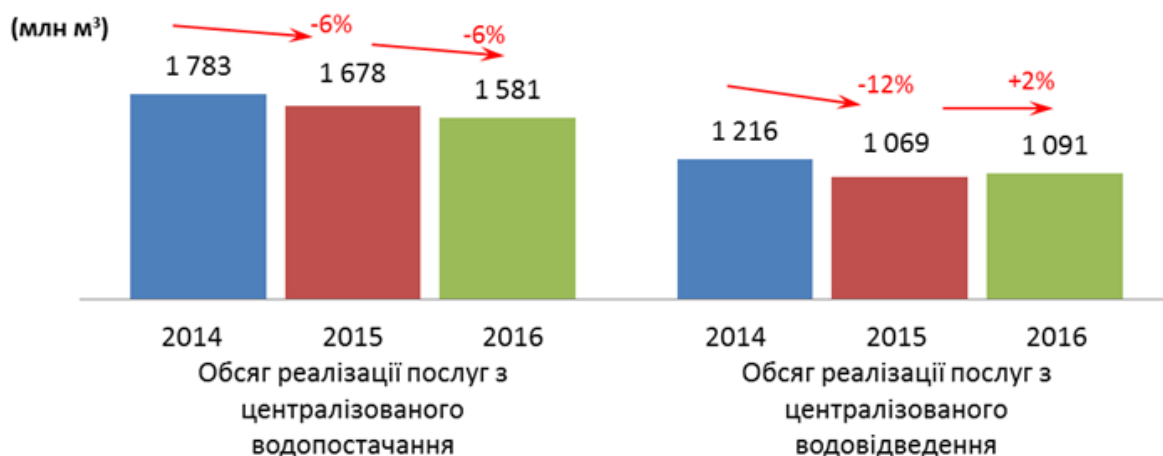


Рисунок 1.2. Обсяги реалізації послуг з централізованого водопостачання та водовідведення у 2014-2016 рр.

Структура тарифу на централізоване водопостачання станом на 01.01.2017 року представлена на рис. 1.3.

У тарифах на централізоване водопостачання з кінця 2016 року враховуються додатково витрати на періодичну повірку, обслуговування та ремонт (у тому числі демонтаж, транспортування та монтаж) засобів обліку води (результати вимірювань яких використовуються для здійснення розрахунків за спожиту для побутових потреб воду), що є власністю фізичних осіб-мешканців приватного сектору, а також витрати на формування обмінного фонду засобів обліку води; витрати на проведення робіт з періодичної повірки, обслуговування і ремонту квартирних засобів обліку холодної води для мешканців багатоквартирного житлового фонду, у тому числі на їх демонтаж, транспортування та монтаж після повірки, а також витрати на формування обмінного фонду засобів обліку холодної води.

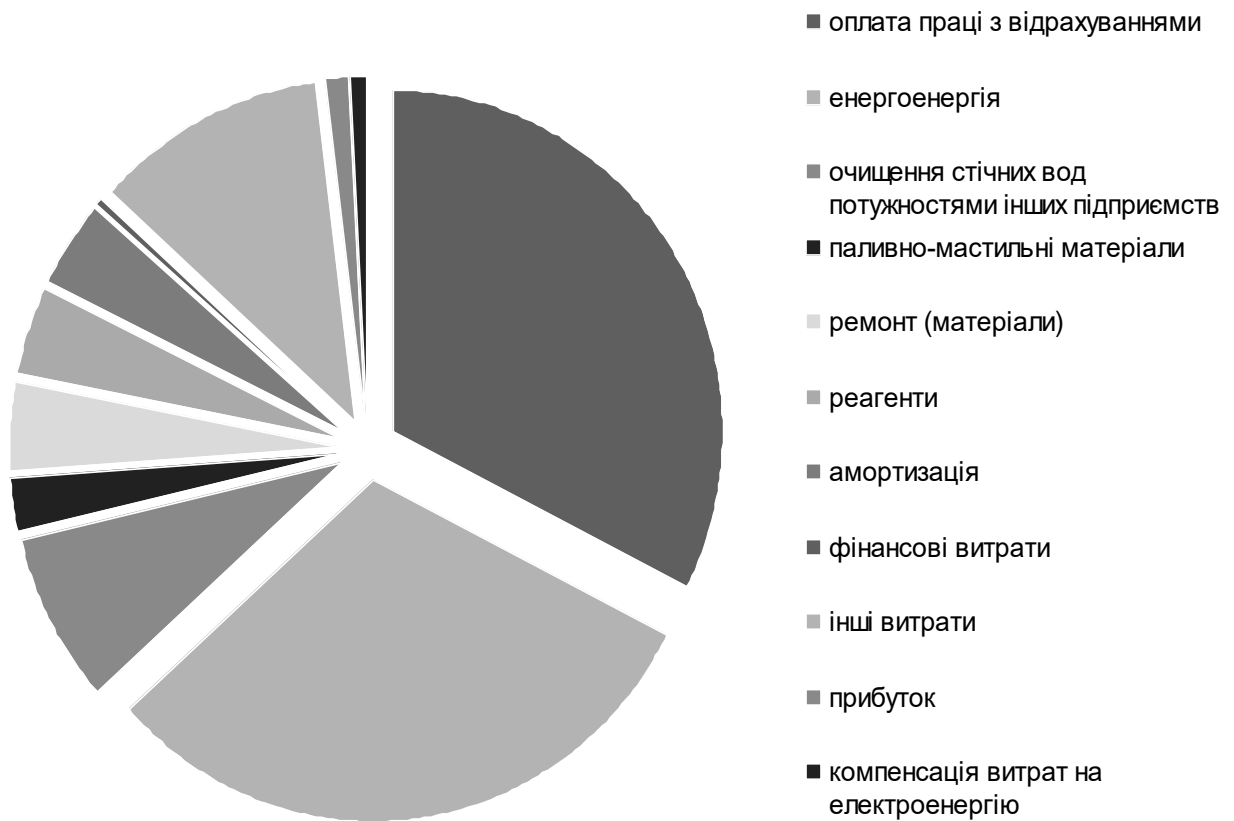


Рисунок 1.3. Середньозважена структура тарифу на централізоване водопостачання

На рис. 1.4 представлений порівняльний аналіз складових середньозваженого тарифу на централізоване водопостачання (без ПДВ) за 2015-2016 рр.

У структурі середньозваженого тарифу на водопостачання за 2016 рік найбільше зросли такі статті витрат, (грн/м³):

- електроенергія – на 0,30 грн/м³ або на 20 %;
- оплата праці (з відрахуваннями) – на 0,21 грн/м³ або на 14 %;
- амортизація – на 0,10 грн/м³ або на 77 %.

Вартість послуг централізованого водопостачання та водовідведення значно відрізняється в залежності від регіону.

Харківська область розташована в маловодному регіоні України та займає передостаннє 21-е місце по запасах водних ресурсів. Тому ціни на послуги централізованого водоспоживання, які надає КП «Харківводоканал» вищі, ніж в середньому по Україні.

В табл. 1.3 приведена динаміка зміни тарифів КП «Харківводоканал».

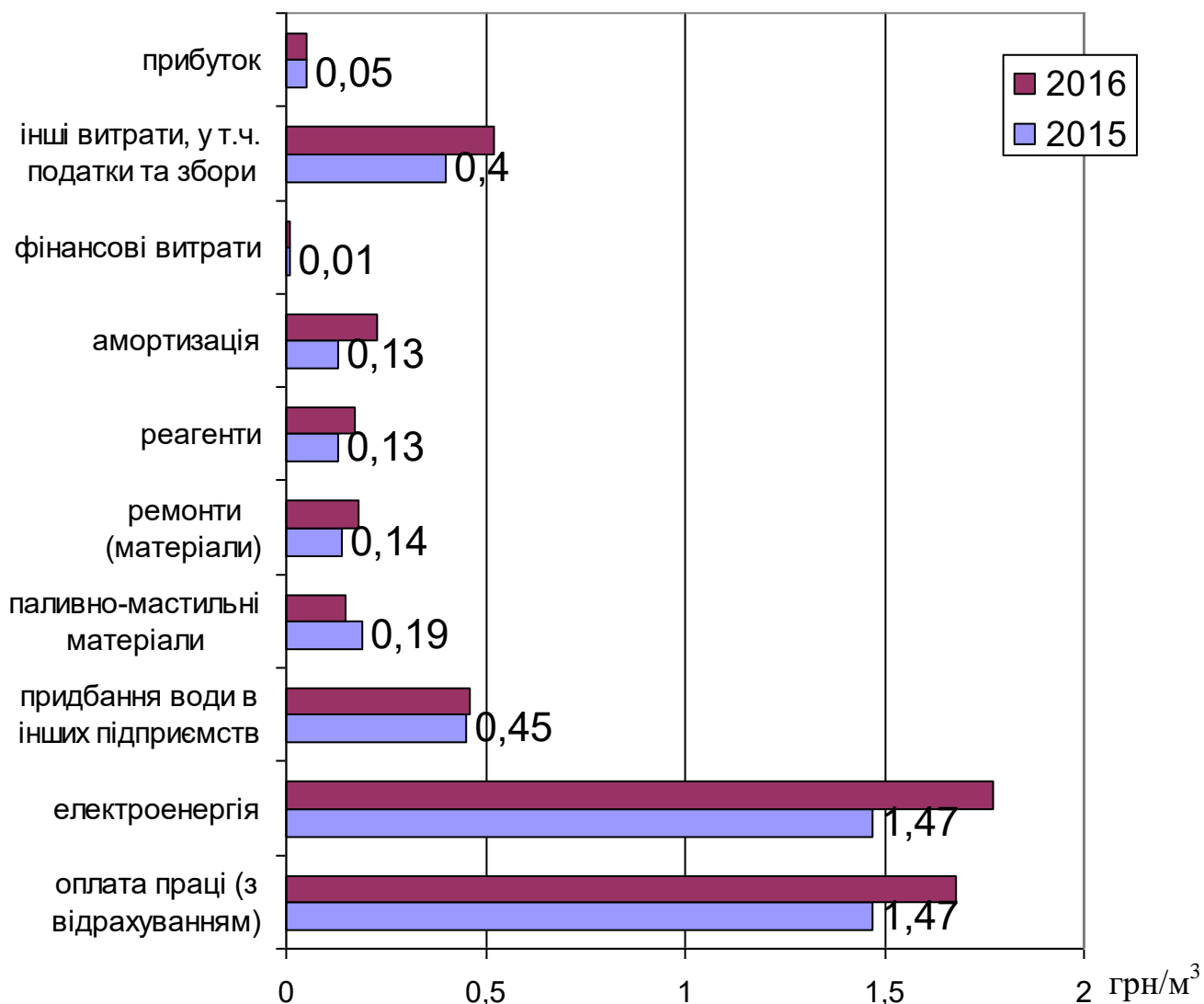


Рисунок 1.4. Порівняння складових середньозваженого тарифу на централізоване водопостачання (без ПДВ) за 2015-2016 рр.

Таблиця 1.3

Тарифи на послуги водопостачання та водовідведення для населення

Дата встановлення тарифу	Водопостачання	Водовідведення
серпень 2014 року	5,17 грн/м ³	3,04 грн/м ³
травень 2015 року	5,68 грн/м ³	3,22 грн/м ³
січень 2016 року	6,3 грн/м ³	3,36 грн/м ³
жовтень 2016 року	8,71 грн/м ³	4,72 грн/м ³
травень 2017 року	8,74 грн/м ³	4,97 грн/м ³
<i>прогнозне підвищення тарифу у 2018 році* [176-178]</i>	<i>14,8 грн/м³</i>	<i>6,4 грн/м³</i>

Комунальне підприємство «Харківводоканал» є ліцензіатом Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). В своїй діяльності комунальне підприємство керується Постановами НКРЕКП №302 і №303 від 10.03.2016 року та в строк до 10 серпня кожного року повинне надати розрахунковий тариф на наступний рік.

На рис. 1.5 представлений порівняльний аналіз складових середньозваженого тарифу на централізоване водовідведення (без ПДВ) за 2015-2016 рр.

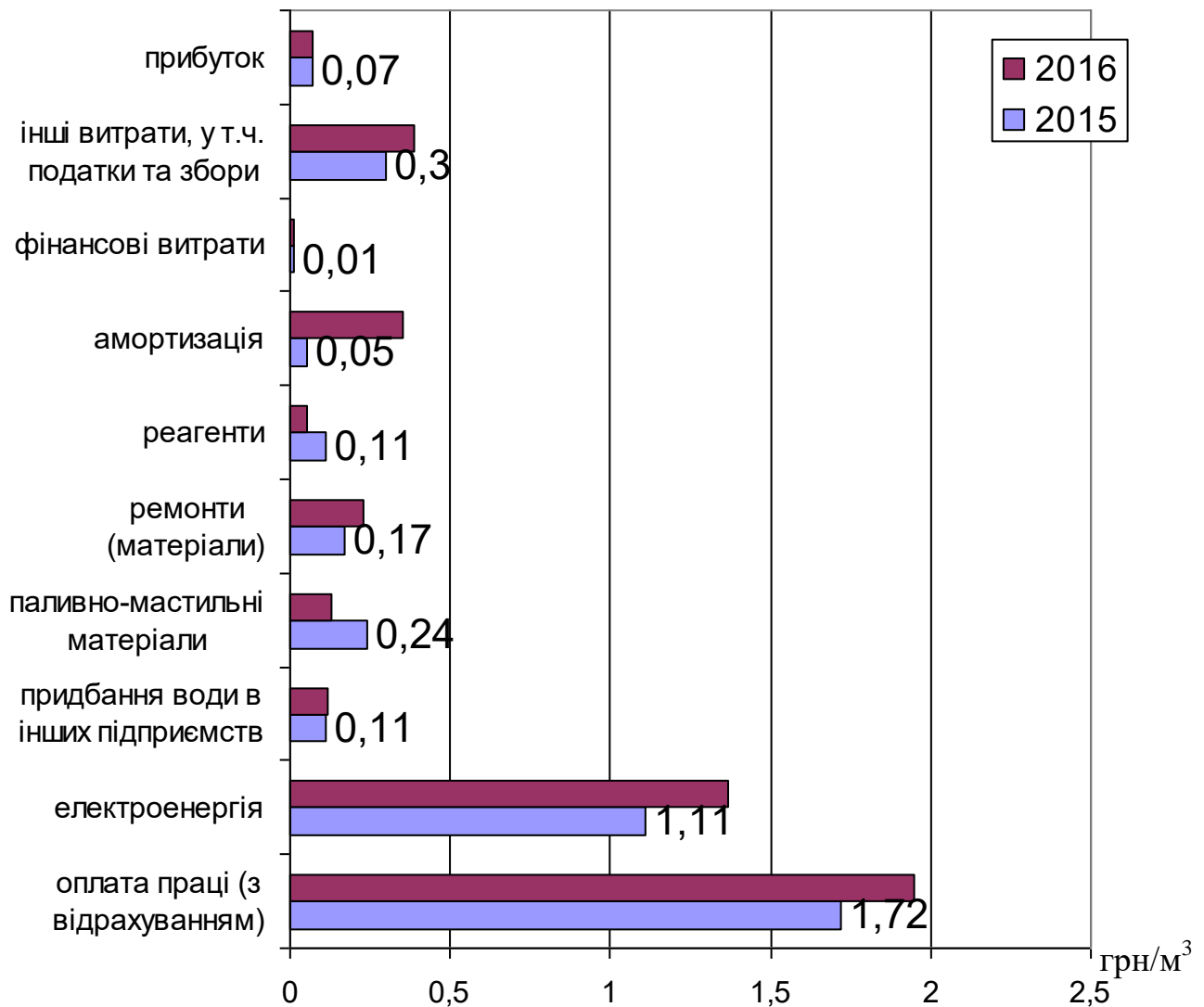


Рисунок 1.5. Порівняння складових середньозваженого тарифу на централізоване водовідведення (без ПДВ) за 2015-2016 рр.

У структурі середньозваженого тарифу на водовідведення за 2016 рік найбільш зросли такі статті витрат (грн/м³):

- електроенергія – на 0,26 грн/м³ або на 23 %;
- оплата праці (з відрахуваннями) – на 0,23 грн/м³ або на 14 %;

– амортизація – на 0,30 грн/м³ або у 7 разів.

Структура тарифу на централізоване водовідведення станом на 01.01.2017 року представлена на рис. 1.6.

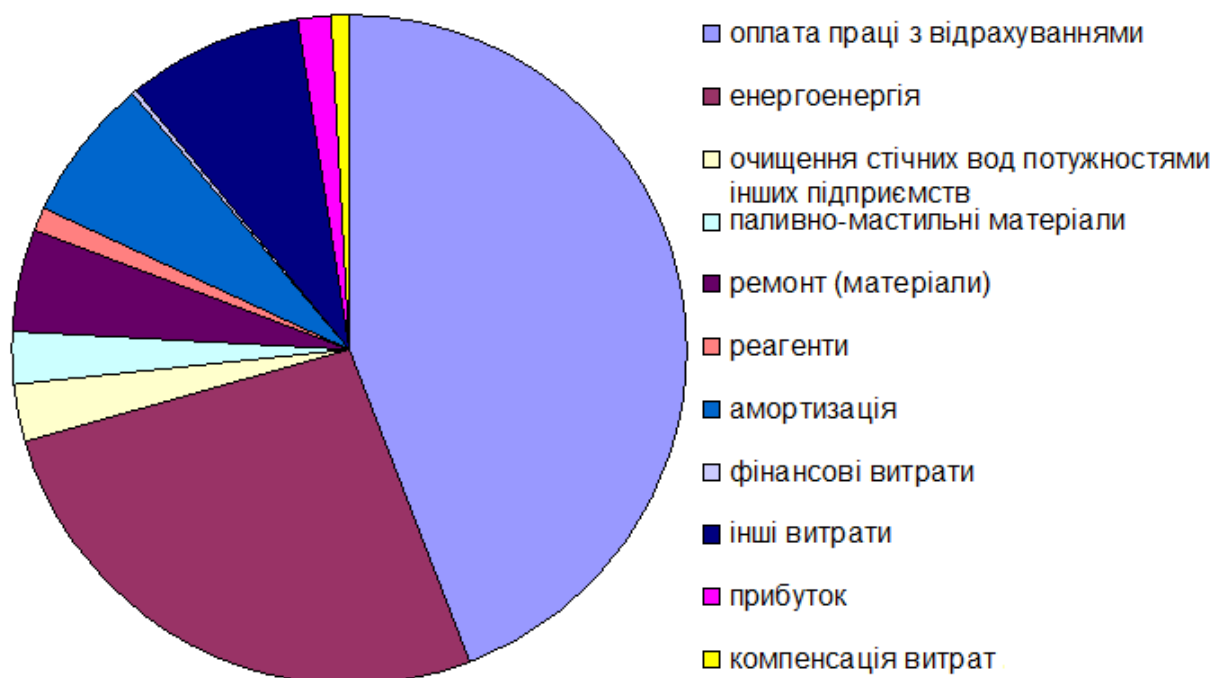


Рисунок 1.6. Середньозважена структура тарифу на централізоване водовідведення

В [178] зазначається, що на зміну тарифу впливають наступні фактори:

1. зменшення обсягів реалізації послуг на 27,9% з централізованого водопостачання та на 17,1% з централізованого водовідведення у 2017 році;

2. зміна норм питомих витрат електроенергії, зростання тарифу на електроенергію призвело до збільшення витрат на електроенергію з 485,3 млн. грн до 605,2 млн. грн, або 24,7%. Основною причиною збільшення витрат за даною статтею є те, що при зниженні споживання електроенергії в натуральному вираженні витрати на оплату електроенергії зростають через стабільне зростання тарифу;

3. збільшення витрат на оплату праці на 42,8% у зв'язку зі зміною прожиткового мінімуму працюючої людини на грудень 2017 року розмірі 1 762 грн, при цьому середньооблікова чисельність працівників знижена на 4,9%. Витрати збільшилися з 593,5 млн. грн. до 642,2 млн грн, або на 8,2%;

4. зросли витрати на амортизаційні відрахування, розраховані відповідно до Податкового кодексу України з 43,7 млн. грн до 58,6 млн. грн, або на 34,1%;

5. інші витрати також зросли в зв'язку з підвищенням вартості:
- хімреагентів з 31,0 млн грн до 56,5 млн грн, або 82,2%;
 - витрат на експлуатацію та ремонти з 34,6 млн грн до 122,3 млн грн, або 253,5%;
 - інші витрати з 117,1 млн грн до 207,9 млн грн, або 77,5%.

1.3. Житлово-комунальне господарство як підсистема соціально-економічної структури регіону

ЖКГ забезпечує функціонування інфраструктури кожного населеного пункту регіону і надає послуги, спрямовані на задоволення основних потреб населення.

Житлово-комунальні послуги – результат господарської діяльності, спрямованої на забезпечення умов проживання та перебування людей у житлових і нежитлових приміщеннях, будинках і спорудах, комплексах будинків і споруд відповідно до нормативів, норм, стандартів, порядків і правил [2].

Залежно від функціонального призначення житлово-комунальні послуги поділяються на:

- послуги з утримання будинків, споруд та прибудинкових територій;
- послуги з управління будинком, спорудою або групою будинків і споруд;
- послуги з ремонту приміщень, будинків, споруд;
- комунальні послуги (централізоване постачання холодної та гарячої води, водовідведення, газо- та електропостачання, централізоване опалення, а також вивезення твердих побутових відходів тощо).

Робота ЖКГ схильна до сезонних коливань попиту і пропозиції і знаходиться в тісному взаємозв'язку з іншими галузями економіки, з діючими системами планування, фінансування і матеріально-технічного забезпечення.

Для виробничо-господарської діяльності житлово-комунального господарства, спрямованої на досягнення глобальної мети – задоволення потреб усіх категорій споживачів, притаманний ряд характерних особливостей, а саме: організаційна побудова за територіальною і галузевою ознаками, наявність негайного соціального відгуку на результати діяльності підприємств житлово-комунального господарства, нерівномірність попиту на різні види послуг та ін.

Все це характеризує житлово-комунальне господарство як складну, багатоелементну динамічну організаційно-економічну систему, стан якої має істотний вплив на економічні, соціальні, екологічні умови і тенденції розвитку регіону.

Нестабільність економічної кон'юнктури, підвищення вимог споживачів до якості послуг підприємств житлово-комунального господарства значно ускладнюють процес управління, а перспективи розвитку підприємств регіону стають все менш прогнозованими.

Проблема розвитку ЖКГ має загальнодержавний масштаб. Нормативно-правовою базою її рішення до 2015 року був Закон України «Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2009-2014 роки» [2].

З 1 січня 2015 року українське ЖКГ втратило вектор розвитку. За критичного браку коштів державні програми призупинені. На зміну Загальнодержавній програмі прийшли лише точкові ініціативи, уряд не запропонував цілісного погляду на те, як має розвиватися галузь у подальшому.

Серед основних кроків реформування галузі ЖКГ за останні два роки можна виділити [172-175]:

– прийняття Закону України №417-VIII «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку», основною метою якого є розв'язання проблем реалізації права власності у багатоквартирному будинку, створення умов для ефективної експлуатації та утримання житлового фонду, а також визначення альтернативних методів управління спільним майном мешканців багатоквартирного будинку. Його норми де-юре запрацювали з липня 2015 року, однак де-факто мало що змінилося, оскільки не були внесені зміни до ряду пов'язаних нормативно-правових актів;

– прийняття Закону України №626-VIII «Про внесення змін до деяких законів України у сфері комунальних послуг» від 16.07.2015. Цей закон спрямований на забезпечення встановлення економічно обґрунтованих тарифів на житлово-комунальні послуги та уникнення в подальшому навантаження на Державний бюджет в частині відшкодування значних обсягів заборгованості з різниці в тарифах. Однак, при цьому питання погашення вже наявної заборгованості з різниці в тарифах перед комунальними підприємствами не було вирішено. Так, Законом України «Про Державний бюджет України на 2015 рік» було передбачено субвенцію з державного бюджету місцевим бюджетам на погашення заборгованості з різниці в тарифах на теплову енергію, опалення та постачання гарячої води, послуги з централізованого водопостачання, водовідведення у розмірі 2,9 млрд грн. Крім того, протягом року на відшкодування різниці в тарифах додатково передбачили кошти у сумі 2,7 млрд грн (Закон №704-VIII «Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2015 рік» від 17.09.2015). Але станом на 01.01.2016 року підприємствам водопровідно-каналізаційного господарства та енергопостачальним підприємствам не компенсована різниця в тарифах на

загальну суму в 8,3 млрд грн. і у бюджеті на 2016 рік відповідне відшкодування не було передбачене;

– прийняття Закону України № 4582 від 04.05.2016 «Про питну воду та питне водопостачання» (щодо удосконалення деяких положень). Згідно його положень, органи місцевого самоврядування наділяються повноваженнями затвердження місцевих правил приймання стічних вод і визначення розміру плати за їх очищення. Окрім того, прийнятий Закон дає можливість вкладати кошти у сферу водоочищення, підготовки питної води, а це також можливість підвищити ефективність експлуатації відповідних споруд, зменшити тарифи, посилити відповідальність за експлуатацію і забруднення навколишнього середовища;

– удосконалення порядку нарахування (визначення) плати за послуги з централізованого опалення у разі відсутності у квартирі (будинку садибного типу) та на вводах у багатоквартирний будинок засобів обліку теплової енергії. Постановою КМУ № 1037 від 30.10.2015 передбачено механізм нарахування споживачам (у яких відсутні засоби обліку теплової енергії) щомісячної плати за послуги з централізованого опалення, що враховує відхилення фактичної температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального сезону від нормативних показників, які взято до розрахунків тарифів на послуги з централізованого опалення під час їх встановлення. У 2015 році рівень оснащення багатоквартирних будинків засобами обліку в містах склав 52%, а на початок 2017 року – 74%.

На рівні Харківського регіону розроблено Програму розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2011-2020 рр. [171] та Програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства Харківської області на 2010-2014 роки [78]. Програми передбачають підвищення ефективності сфер діяльності ЖКГ як цілісної ринкової системи, створення належних умов для підвищення якості життя населення, економічного розвитку і переведення житлово-комунального комплексу на самофінансування.

При розробці регіональних стратегій розвитку та для оцінювання поточного стану регіонів сьогодні використовується понад 1500 показників, об'єднаних в 22 групи [82], серед яких: «Розвиток людського потенціалу» (166 показників), «Залучення інвестицій в економіку» (174 показника), «Розвиток житлово-комунального господарства» (64 показника), «Охорона здоров'я» (52 показника), «Наука» (44 показника) тощо.

Частка групи «Розвиток житлово-комунального господарства» в загальній кількості показників становить 4,1%, при цьому частка груп «Охорона здоров'я» та «Наука» – 3,3% і 2,8% відповідно. Таким чином, поточні характеристики технічного рівня і рівня менеджменту ЖКГ регіону визначають

ефективність реалізації регіональних програм розвитку. Отже, здійснення заходів щодо підвищення ефективності та надійності функціонування житлово-комунального господарства, забезпечення його сталого розвитку для задоволення потреб населення і господарського комплексу в житлово-комунальних послугах відповідно до встановлених нормативів і національних стандартів, є актуальним завданням.

Згідно «Стратегії сталого розвитку Харківської області до 2020 року» [91], головна мета сталого розвитку регіону – забезпечення високої якості життя населення на основі побудови соціально-орієнтованої природоохоронної інноваційної економіки. Реалізація даної мети передбачає досягнення 3-х стратегічних підцілей, які конкретизуються у вигляді множини тактичних завдань.

При цьому перша стратегічна мета, зазначена в «Стратегії ...» така: «Харківська область – регіон сталого соціального розвитку (високої якості життя населення)». Вона включає в себе 3 операційні цілі, одна з яких – «Поліпшення якості житлово-комунальних послуг». У свою чергу, дана мета реалізується у вигляді 4-х завдань:

1. забезпечення беззбиткового функціонування підприємств житлово-комунального господарства;
2. технічне переоснащення підприємств ЖКГ, скорочення споживання енергетичних і матеріальних ресурсів;
3. створення конкурентного середовища на ринку обслуговування житла;
4. залучення інвестицій і співпраця зі світовими фінансовими установами та донорськими організаціями.

Передбачається також здійснення інвестиційних проектів з реконструкції систем водопостачання в населених пунктах Харківської області з метою підвищення забезпеченості населення якісною питною водою та реконструкції технічно зношених водоводів і водопровідних систем м. Харкова.

При цьому основою забезпечення операційної цілі «Поліпшення якості житлово-комунальних послуг» є технічно грамотна експлуатація інфраструктури регіону – об'єктів водопостачання, водовідведення, тепlopостачальних підприємств, житлового фонду, ремонтно-будівельних комплексів тощо.

Такої мети можна досягти лише на основі процесу оптимального планування та використання наявного ресурсного потенціалу комунальних підприємств.

Розвиток житлово-комунального комплексу регіону і міста нерозривно пов'язаний з розвитком підприємств всіх галузей економіки і всіх форм власності, які спільно з бюджетною сферою повинні брати участь у фінансуванні будівництва, реконструкції та відновлення об'єктів

господарського призначення. Тому для забезпечення життєздатності регіональної економіки необхідне чітке середньо- і довгострокове планування діяльності, яке можливе тільки на основі застосування формальних моделей і методів.

Згідно [2] комунальні підприємства повинні надавати споживачам послуги належної якості. Але в практиці господарювання існує ряд причин, які зумовлюють неможливість в повному обсязі задовольняти постійно зростаючі потреби населення. Серед них: тривала відсутність довгострокової обґрунтованої стратегії реформування комплексу, що призвело до критичного стану основних фондів підприємств житлово-комунального господарства і викликало життєво важливу необхідність оновлення, розширення та реконструкції матеріально-технічної бази; недосконала тарифна політика, яка зумовила стійку і постійно зростаючу збитковість підприємств; неефективна система управління житловим фондом та підприємствами житлово-комунального господарства; недосконала система регулювання природних монополій.

Ці проблеми особливо гостро стоять перед комунальними підприємствами Харківського регіону, які забезпечують процеси водопостачання та водовідведення. Найбільш функціонально значущим і вразливим елементом системи централізованого водопостачання є міські водопровідні мережі та мережі водовідведення. При цьому від їх надійної та безперебійної роботи значною мірою залежить комфортність життєдіяльності населення, ефективна робота промислових і комунальних підприємств міста, зменшення втрат води, а також стан навколишнього середовища [96].

Специфічна особливість виробничого процесу ЖКГ полягає в тому, що складові його підприємства не створюють матеріальну продукцію, а надають послуги. Послуги водопостачання та водовідведення мають ряд особливостей, на відміну від інших видів послуг, які надаються споживачам. Серед них: безперервність виробництва, локальний характер надання послуг, одночасність надання та споживання послуг, неможливість складування і накопичення послуг, залежність попиту на послуги від кліматичних умов, сезонних коливань, а також від періодичних коливань (місячних, тижневих і добових).

Чисельність комунальних господарств регіону, які надають послуги з централізованого водопостачання, становить 102 [58], при цьому 76,5% підприємств мають державну або комунальну форму власності.

Основним обслуговуваним об'єктом регіону в сфері водопостачання виступає комунальне підприємство «Харківводоканал».

КП «Харківводоканал» є одним з найбільших підприємств у сфері водопостачання та водовідведення в Україні. Функціонування підприємства пов'язано з експлуатацією систем інженерної інфраструктури, які визначають

життєдіяльність півторамільйонного мегаполісу і надійну екологічну обстановку регіону.

КП «Харківводоканал» має одну з найбільш розвинених систем подачі і розподілу води в Україні. Загальна протяжність водоводів і водопровідних мереж КП «Харківводоканал» на 01.01.2017 р становила 2627,2 км, в тому числі:

- магістральні водоводи – 802,4 км (30,5%);
- водопровідні мережі – 1824,8 км (69,5%).

Безпосередньо у м Харкові експлуатується 2136,6 км водоводів і водопровідних мереж, в тому числі:

- магістральні водоводи – 313,8 км (14,7%);
- водопровідні мережі – 1822,8 км (85,3%).

Протяжність трубопроводів відповідно до терміну експлуатації (рис. 1.7):

- до 10 років – 83,7 км (3,2%);
- від 10 до 20 років – 237,7 км (9,1%);
- від 20 до 30 років – 703,1 км (26,7%);
- від 30 до 40 років – 336,6 км (12,8%);
- більше 40 років – 1266,1 км (48,2%).

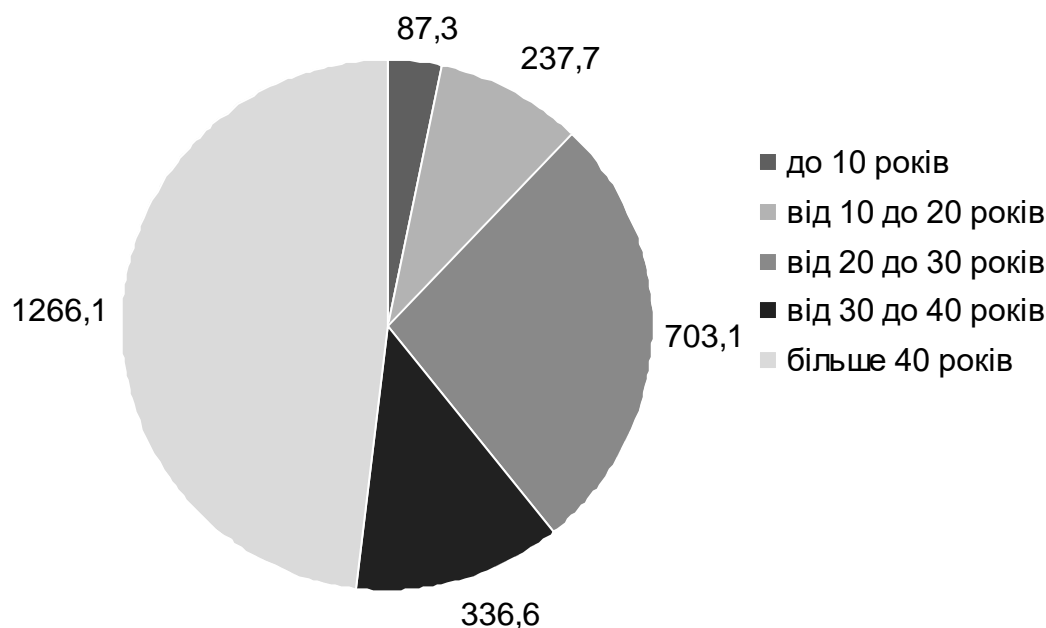


Рисунок 1.7. Протяжність трубопроводів відповідно до терміну експлуатації

Протяжність технічно зношених водоводів і водопровідних мереж КП «Харківводоканал» становить 916,6 км (34,9% від загальної протяжності), в тому числі:

- магістральні водоводи – 390,5 км (42,6%);
- водопровідні мережі – 526,1 км (28,4%).

За матеріалом труб система водопостачання має такі характеристики (рис. 1.8):

- чавунних – 1552,2 км (59,1%);
- сталевих – 1014,6 км (38,6%);
- залізобетонних – 17,8 км (0,7%);
- азбестоцементних – 1,6 км;
- пластмасових – 40,8 км (1,6%).

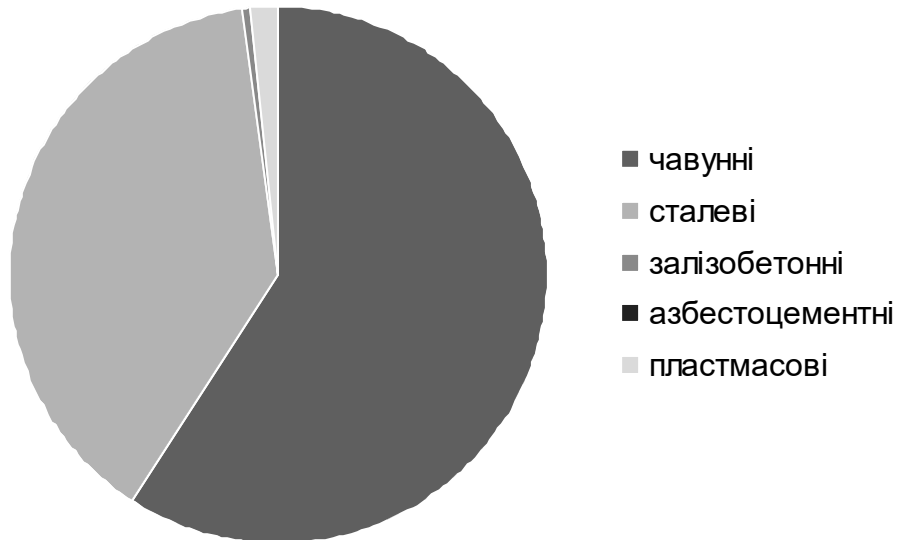


Рисунок 1.8. Розподіл трубопроводів в залежності від матеріалу

Кількість пошкоджень на водопровідних мережах міста демонструє стійку тенденцію до збільшення.

За даними документа «Програма розвитку КП «Харківводоканал» до 2026 року» [79] за останні 20 років кількість пошкоджень зросла більш ніж в 2 рази. Так, на водопровідних мережах міста в 1996 р було зареєстровано 2035 пошкоджень, а в 2016 році ця величина досягла максимального значення 5104 од., що в середньому становить 2,4 од. на 1 км водоводів м Харкова. На окремих ділянках кількість пошкоджень на 1 км перевищувало 10. У міжнародній практиці цей показник не перевищує 0,18-0,2 пошкоджень на 1 км системи. Такий стан справ вимагає створення сучасних методів своєчасного виявлення і ліквідації пошкоджень і прихованих витоків.

Крім того, в м. Харкові спостерігається чітка тенденція до збільшення протяжності технічно зношених мереж водопостачання – за останні 20 років майже на 40%. У зв'язку з цим виникає потреба забезпечення необхідного мінімуму заміни технічно зношених трубопроводів, який, згідно з рекомендаціями міжнародної організації водопостачання ООН, повинен бути

не менше 2% від загальної протяжності водоводів і водопровідних мереж щороку. Для системи КП «Харківводоканал» це означає необхідність заміни не менше 42,1 км трубопроводів на рік. Станом на 01.01.2017 р частка водопровідних мереж зі 100% зносом перевищила 37%.

У такому ж стані перебуває і енергетичне господарство підприємств ЖКГ, де понад 90% електричних мереж набагато перевищили термін своєї амортизації.

Обсяги водопостачання і водовідведення по роках відповідно до категорії споживача наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Обсяги водопостачання і водовідведення, млн. м³

Категорія споживачів	Послуга	2013	2014	2015	2016
Населення	Водопостачання	106,6	103,9	104,2	103,7
	Водовідведення	104,1	101,1	100,1	100,0
Бюджетні організації, комерційні споживачі	Водопостачання	30,6	29,4	27,2	26,5
	Водовідведення	29,1	27,7	26,2	24,0
УСЬОГО	Водопостачання	137,2	133,3	131,4	130,2
	Водовідведення	133,2	128,8	126,3	124,0

Характеристики категорій споживачів послуг КП «Харківводоканал» на 01.01.2017 р. надано в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Споживачі послуг водопостачання та водовідведення

Споживачі	Одиниця виміру	Станом на 01.01.2017 р.
Населення	Особові рахунки, шт.	517093
Юридичні особи	шт.	9617

Каналізаційне господарство м Харкова є єдиним технологічним виробничо-господарський комплекс з приймання, перекачування і очищення стічних вод.

Система водовідведення м. Харкова – повна, роздільна, децентралізована. Вона включає мережу трубопроводів, головну каналізаційну насосну станцію і 29 районних каналізаційних насосних станцій. Довжина мереж водовідведення станом на 01.01.2017 р становила 1619,58 км, в тому числі. 55,57 км тунельних колекторів, побудованих методом щитової проходки і 85 км напірних трубопроводів.

Тунельні колектори є колекторами глибокого закладення. Середня глибина їх закладки близько 20 м, більш глибокі – близько 50 м.

Динаміка старіння інженерних мереж показує, що щорічно протяжність технічно зношених мереж водовідведення зростає на 15-17%. На 01.01.2017 довжина мереж водовідведення з 100% амортизаційним зносом становить 1307,6 км. Термінової заміни потребують 81% каналізаційних мереж.

Число пошкоджень на мережах в 2016 р склало 10544 од., в розрахунку на 1 км – 6,5 од., що є потенційною загрозою суспільному здоров'ю через можливість потрапляння стоків у водопровідні мережі. Відзначимо, що такий рівень аварійності є дуже високим і більш, ніж в два рази перевищує середній по Україні.

Важливу роль в діяльності комунального підприємства грає спеціальна техніка, в тому числі автотранспорт, автотракторна і причіпна техніка, експлуатацією якої займається такий підрозділ КП «Харківводоканал» як Комплекс спеціалізованих машин і механізмів. Автопарк підприємства налічує понад 200 одиниць складної спеціальної техніки. Підрозділ має два основні дислокації (вул. Конторська, 90 і просп. Ювілейний, 28-А), розташованих в різних районах м. Харкова.

Парк техніки має високий рівень зносу, що збільшує витрати на виконання робіт по їх обслуговуванню і ремонту.

Відповідно до розрахунків, наведених в документі «Програма розвитку КП «Харківводоканал» до 2026 року», на оновлення автотранспорту, автотракторної та причіпної техніки необхідно 42,1 млн. грн.

Незважаючи на те, що діяльність комунального підприємства «Харківводоканал» спрямована на підтримку екологічної безпеки життєдіяльності міста та захист навколишнього природного середовища від забруднення, щорічно підприємство змушене виплачувати екологічний податок в сумі 4390,2 тис. грн., який також відшкодовується споживачами послуг.

Функціонування підприємств ЖКГ в таких умовах істотно обмежує розвиток фінансового менеджменту і безпосередньо впливає на структуру їх капіталу.

Відзначимо, що ефективність функціонування підприємств житлово-комунального господарства визначається не тільки внутрішніми виробничими факторами, а також і тим, наскільки вони пристосовані до своєї зовнішньому

середовищі. Підприємства стали більш залежними від вимог споживачів у визначенні перспектив свого розвитку і подальшого існування. Згідно з соціологічним опитуванням, проведеним Головним управлінням економіки Харківської обласної державної адміністрації, більше 80% населення регіону незадоволені якістю і вартістю житлово-комунальних послуг [91].

Таким чином, аналіз сучасного стану матеріальної бази КП «Харківводоканал» свідчить про те, що значна частина систем водопостачання та водовідведення експлуатується незадовільно, перебуває в аварійному стані, частково зруйнована і потребує невідкладної модернізації. Підвищення аварійності на об'єктах водопроводу і мереж водовідведення, збільшення питомих непродуктивних витрат матеріальних і енергетичних ресурсів, пов'язаних з незадовільним технічним станом споруд і устаткування, негативно впливає на рівень якості послуг з централізованого водопостачання та водовідведення.

Для ефективного функціонування основних фондів комунального підприємства необхідно їх безперервне відтворення, а саме, нове будівництво, реконструкція, модернізація, капітальний ремонт.

Отже, в забезпеченні стратегічних цілей і завдань регіону зростає роль такої важливої підсистеми КП «Харківводоканал» як ремонтно-будівельної організації (РБО), тобто, в сучасних економічних умовах акцент при збереженні основних фондів комунального підприємства водопостачання водовідведення ставиться на своєчасному проведенні ремонтних робіт.

Розглянемо специфічні особливості даного сектора капітального будівництва. По-перше, суть діяльності ремонтно-будівельної організації становлять будівельно-монтажні роботи, які проводяться одночасно з роботами ремонтно-реконструктивного характеру, включаючи розбирання зношених конструкцій і повторне використання цих матеріалів.

По-друге, важливою властивістю даного виду економічної діяльності є територіальна роз'єднаність комунальних об'єктів, які потребують цілодобової надійної експлуатації.

По-третє, існує об'єктивна необхідність виконання робіт оперативного, а в ряді випадків аварійного характеру, які характеризуються великою трудомісткістю і вимагають залучення складних машин і механізмів.

Зокрема, при ремонті інженерних комунікацій водопостачання використовують два основні методи: відкритий, який передбачає траншейну розробку ґрунту, і закритий, при якому використовується існуючий канал комунікацій, знижується ризик пошкодження сусідніх комунікацій, зменшуються витрати на розробку ґрунту і роботи по відновленню зовнішнього покриття.

Об'єкти ремонту, як правило, нерухомі, різноманітні, складні. Індивідуальний характер ремонтно-будівельних робіт навіть по ідентичним об'єктам визначається проектом, що враховує різні види ремонтно-будівельних робіт і умови його виконання.

Ремонтно-будівельне виробництво є рухомим, виробництво складається з безлічі різноманітних видів робіт, при цьому відбувається безперервна зміна робочих місць і засобів праці.

Ще однією важливою особливістю ремонтно-будівельного виробництва комунального підприємства водопостачання є те, що воно тісно пов'язане з благоустроєм прилеглої території, що вимагає додаткових ресурсів.

Часто роботи проходять в умовах обмеженого простору, на транспортних магістралях, обмежуючи застосування необхідної великогабаритної техніки і підвищуючи вимоги до професійного рівня безпосередніх виконавців робіт.

З огляду на те, що РБО об'єктивно функціонують в умовах граничних обмежень на всі види ресурсів, підвищується актуальність оптимального використання їх ресурсного потенціалу.

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. Проведено аналіз житлово-комунального господарства як однієї з найважливіших підсистем соціально-економічної системи регіону, що визначають його сталий розвиток. Описано основні характеристики сфери житлово-комунальних послуг м. Харкова.

2. Розглянуто динаміку параметрів КП «Харківводоканал», як одного з найбільших підприємств водопостачання та водовідведення в Україні. Показано, що особливістю КП водопостачання є висока питома вага передавальних пристроїв в структурі основних фондів, що визначає в якості множини об'єктів, що підлягають ремонту, інженерні комунікації – мережі водопостачання та водовідведення.

РОЗДІЛ 2

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА У СФЕРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Визначено специфіку діяльності ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання. Виділено і структуровано множини частинних критеріїв ефективності функціонування РБО КП.

Розглянуто економічну категорію «ресурсний потенціал», визначені склад і структура ресурсного потенціалу РБО КП, виділені основні функції управління ресурсним потенціалом. Сформульована загальна постановка базової задачі управління ресурсним потенціалом РБО КП водопостачання – задача планування, описані наявні в науковій літературі математичні моделі та оптимізаційні методи розв'язання задач управління ресурсами.

2.1. Склад і структура ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання та його підсистем

Ресурсний потенціал підприємства – це сукупність його матеріальних, трудових, нематеріальних, фінансових, часових ресурсів, включаючи здатність робітників підприємства ефективно використовувати дані ресурси для виконання передбаченого технологічного процесу і досягнення стратегічних і поточних цілей підприємства.

Відзначимо, що поняття «потенціал» широко застосовується в економічній науці і практиці господарювання як кількісна оцінка наявних ресурсів, які дозволяють досягти економічного ефекту. Аналіз наукової літератури показав, що в даний час відбувається активне обговорення проблеми визначення та уточнення сутності економічної категорії «ресурсний потенціал підприємства» [18] як здатності підприємства забезпечувати передбачений технологічний процес і отримувати потрібні результати, в тому числі у взаємозв'язку з такими економічними категоріями, як «виробничий потенціал» і «економічний потенціал» підприємства.

Конкретизуємо поняття ресурсного потенціалу стосовно підприємств комунального господарства.

Ресурсний потенціал комунального підприємства водопостачання в цілому і його ремонтно-будівельної організації зокрема (рис. 2.1) розглядається як множинна характеристика, яка включає:

1. фінансові ресурси;

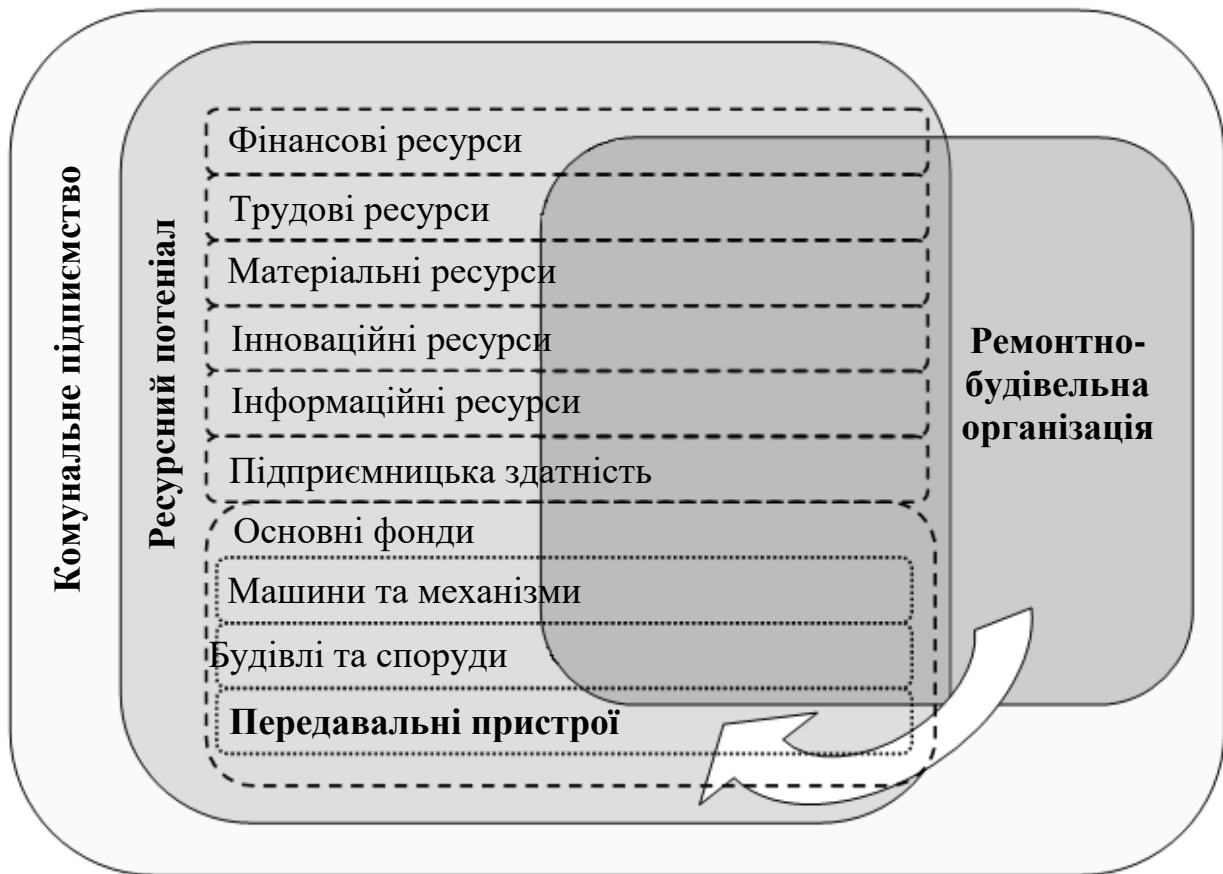


Рисунок 2.1. Взаємозв'язок ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання та ремонтно-будівельної організації

2. виробничі ресурси, які містять такі складові:

- **трудові ресурси.** При цьому специфіка виробництва ремонтно-будівельних робіт висуває великі вимоги до підготовки кадрів.
- **основні фонди.** Особливістю комунального підприємства водопостачання є висока питома вага передавальних пристроїв в структурі основних фондів – близько 70%, тоді як машин, механізмів і транспортних засобів – не більше 10%, останнє обумовлено недостатнім рівнем науково-технічного прогресу. Тому далі будемо розуміти під об'єктами, що підлягають ремонту, інженерні комунікації – мережі водопостачання та водовідведення.

Парк машин і механізмів характеризується високим рівнем зносу, що викликає необхідність придбання спеціальної багатофункціональної техніки. Це дозволяє скоротити витрати і терміни виконання робіт з обслуговування та ремонту мереж водопостачання та водовідведення, а також зменшити витрати на технічне обслуговування і ремонт автотранспорту, автотракторної та причіпної техніки, мінімізувати вартість паливно-мастильних матеріалів.

- **матеріальні ресурси,** які в даному випадку характеризуються високим рівнем витрат енергоресурсів.

3. інноваційні ресурси. Цей вид ресурсів включає управлінські інновації, які спрямовані на вдосконалення управлінських рішень у ЖКГ, нові системи управління і господарювання. В даному напрямку досить перспективним є розвиток програмно-цільового підходу, орієнтованого на результат, і такого його окремого випадку, як управління проектами. Отже, управлінські інновації забезпечують не тільки якісну зміну ресурсної бази підприємства, а й прогресивний перехід на якісно інший рівень його діяльності: від цінового фактора – до якості товарів і послуг, якості технологій і діяльності підприємства в цілому. Таким чином, основним напрямком реформування комунального господарства має бути не прагнення знайти фінансові кошти і наповнити ними свідомо неефективний механізм його функціонування, а розробка і впровадження інноваційних проектів, спрямованих на підвищення ефективності, досягнення необхідного рівня рентабельності, підвищення інвестиційної привабливості з метою забезпечення населення якісними комунальними послугами [50].

– **матеріально-технологічні інновації.** до такого типу ресурсів на КП «Харківводоканал» відносяться, наприклад: впровадження безтраншейного способу укладання, використання труб з полімерних матеріалів, нові екологоорієнтовані технології очищення води. В рамках впровадження матеріально-технологічних інновацій спеціалісти КП «Харківводоканал» виконали науково-дослідну роботу «Створення та впровадження ефективних технологій підвищення експлуатаційного ресурсу інженерних мереж життєзабезпечення», яка була відзначена Державною премією України в галузі науки і техніки.

4. інформаційні ресурси, які включають такі інформаційні технології обліку, контролю і управління, як білінгові і клінінгові системи, автоматизовану систему контролю та обліку енергоносіїв, прототип геоінформаційної системи [93]. Крім того, активно експлуатується сайт КП [67], розширюється присутність КП в соціальних мережах, випускається інформаційний бюлетень, впроваджена «гаряча» телефонна лінія «Call-center», що спрощує зв'язок з абонентами.

5. підприємницька здатність. Такий тип ресурсу розглядається в контексті вдосконалення підприємницького економічного механізму в даному виді економічної діяльності, який характеризується обмеженими можливостями для розвитку конкуренції. КП «Харківводоканал» – природний монополіст. Тому в даному випадку особливий інтерес представляють приватно-державний і муніципально-приватний [85] види партнерства. В рамках останнього між муніципалітетом і приватним підприємством формуються взаємовигідні договірні відносини, які можуть приймати різні форми: сервісний контракт, договір на управління, договір короткострокової і довгострокової оренди,

лізингу та концесії тощо, на підставі яких можливе залучення приватних інвестицій для вирішення проблем публічного сектора.

Відзначимо, що всі види ресурсів, які формують ресурсний потенціал, представляють самостійні економічні категорії. Сукупність цих ресурсів активізується для ефективного функціонування в поточному періоді, а також представляє резерви і можливості для мобілізації необхідних типів ресурсів для їх використання з метою забезпечення сталого зростання підприємства в майбутньому.

Серед множини ресурсів, які забезпечують функціонування та розвиток комунального господарства мегаполісу, в тому числі діяльність ремонтно-будівельної організації, окремо виділимо множини фінансових ресурсів, основних фондів, трудових ресурсів і матеріальних ресурсів.

Проведемо аналіз джерел формування фінансових ресурсів підприємства.

Фінансування розвитку житлово-комунальної сфери сьогодні на рівні держави здійснюється двома шляхами: по-перше, закладаються відповідні статті видатків у Державному бюджеті на рік і, по-друге, наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України додатково виділяються кошти із Стабілізаційного фонду на реалізацію Загальнодержавної програми «Питна вода України» на 2006-2020 рр. [3].

Джерелами формування фінансових ресурсів комунальних підприємств є власні фінансові кошти, залучені кошти і позикові кошти [43]. До власних фінансових коштів відносяться також бюджетні кошти, передані в розпорядження підприємству.

У Харківському регіоні кошти, отримані з Державного бюджету на плановий період, розподіляються між комунальними підприємствами на основі рішення, що затверджується на останній сесії міської ради попереднього року. Крім того, необхідно взяти до уваги Програму розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2011-2020 рр. [171]. Фінансування Програми, крім коштів з Державного бюджету України, здійснюється за рахунок місцевого бюджету, коштів підприємств і реалізації інвестиційних проектів.

За даними табл. 2.1, побудованої на основі аналізу [78], очевидна стійка тенденція до зниження обсягів фінансування.

Відзначимо, що фінансування деяких проектів ведеться за рахунок коштів кредитів Міжнародного банку реконструкції та розвитку. Серед них проект «Модернізація каналізаційних насосних станцій (КНС) м. Харкова та Головної каналізаційної насосної станції (ГКНС) з впровадженням енергозберігаючого насосного обладнання», проект «Удосконалення системи мулового господарства каналізаційних очисних споруд м Харкова» та інші.

Таблиця 2.1

Запланований обсяг фінансування для реконструкції і капітального ремонту мереж водопостачання та водовідведення Харківської області

Роки	2014	2015	2016
Сума млн. грн.	886,4	801,8	663,5

Загальна вартість інвестиційної програми КП «Харківводоканал» становить 189,4 млн. дол. США [67].

Однак основним джерелом надходження фінансових коштів комунального підприємства водопостачання є оплата отриманих послуг населенням і юридичними особами.

Отже, на перший план виходить наявність механізму створення економічно обґрунтованих тарифів, що включають інвестиційну складову, що працює у відповідному правовому полі.

Економіко-правові аспекти забезпечення ефективного функціонування підприємств житлово-комунального господарства України, в тому числі, в питаннях ціноутворення, порушені в роботах [45, 88]. У публікаціях [13, 39] наведені загальні принципи регулювання тарифів, як необхідної умови переходу до ринкової економіки. Питання формування та розвитку конкурентного середовища в ЖКГ розглядаються в роботі [81].

Для обґрунтованого прийняття рішень в сфері тарифів необхідно розглянути особливості процесу тарифоутворення розвинених країн Європейського Союзу.

Аналіз процесу тарифоутворення розвинених країн Європейського Союзу і України.

Розглянемо досвід тарифоутворення двох країн Європейського Союзу: Франції [42], як першої країни, що втілила в своєму водному законодавстві ідеї Європейської рамкової директиви (РДВ) про водні ресурси 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року, і Німеччини [24], як однієї з найбільш розвинених країн у світі в галузі водної техніки та управління водним господарством.

Технічний стандарт наявних систем Німеччини при міжнародному порівнянні дуже високий, середня частка водовтрати (найнижча в Європі) становить лише 9%, тоді як в середньому по Україні втрачається 40,5% від усієї наданої споживачам води, а в Харківській області – 60,0 % [77].

Діяльність комунальних господарств розглянутих країн характеризується наступними кількісними показниками.

Сумарний торговельний оборот підприємств комунального господарства Франції становить 53 млрд. євро. При цьому послуги, пов'язані з водою, становлять 20,5% загальної суми. У комунальному господарстві країни зайнято понад 283 тис. працівників, з них – 16% в секторі водопостачання.

Населення континентальної Франції забезпечено електроенергією, водою, послугами водовідведення та вивезення сміття на 84%. 18,03 тис. міських і приміських комун надаються послуги з водопостачання, водовідведення, електропостачання, збору і обробки відходів, 9,1 тис. комун охоплено мережами газопостачання та опалення.

Сектор водопостачання становить 1% ВВП Франції. У 2014 р сукупний рахунок за споживання води населенням склав 11 млрд. євро, тобто 77 євро на людину в рік (приблизно від 1 до 2 євро в день на сім'ю).

Комунальне господарство Німеччини містить близько 450000 км комунальних мереж водовідведення та близько 10500 очисних станцій. Понад 95% населення підключено до центральної мережі водовідведення, а близько 90% стоків очищається за нормами ЄС, тобто повністю біологічним шляхом і, якщо необхідно, з подальшою доочищенням.

За станом на 2014 р ціна на воду в Німеччині становила приблизно 1,73 євро/м³ і повністю покривала витрати на відміну від інших країн.

Законодавство європейських країн розвивається в контексті РДВ, що визначає рамки управління і захисту водних ресурсів, як об'єкта інтегрованого управління на основі принципу гідрографічного басейну в масштабах Європи.

РДВ також визначає принцип собівартості, за якою ціна для кінцевого споживача відповідає собівартості для виробника.

Організаційні форми управління комунальним господарством.

У більшості країн використовується централізований принцип управління водним господарством, і керування здійснюється на двох, а іноді і на трьох рівнях – національному, регіональному, місцевому.

Франція.

У Франції відповідальність за організацію постачання питної води та водовідведення в рамках політики децентралізації, яка проводиться з 1982 року, несуть комуни. При цьому комуни можуть створювати муніципальні об'єднання публічного права з метою спільного використання коштів.

На 36 тис. комун припадає приблизно 29 тис. служб з водопостачання, причому 12,3 тис. служб займаються постачанням питної води і 16,7 тис. – водовідведенням.

Муніципалітети можуть здійснювати управління самостійно, відповідаючи за інвестиції, функціонування і взаємовідносини зі споживачами, або довірити управління спеціалізованій компанії в рамках довгострокового договору оренди або концесії. При цьому комуни зберігають контроль, право власності на все обладнання і несуть відповідальність перед споживачами. В кінці терміну договору керуюча компанія передає муніципалітету інфраструктурну мережу і об'єкти, програмне забезпечення, управлінську інформацію [95, 110].

Гнучкість французької системи полягає у великій кількості проміжних форм між прямим і делегованим управлінням. Муніципалітет може делегувати управління частиною послуг і при цьому керувати іншою їх частиною безпосередньо. Після закінчення терміну договору муніципалітет може прийняти рішення про зміну форми управління.

Держава відіграє регулюючу роль, яка проявляється на різних територіальних рівнях. На національному рівні держава забезпечує принцип солідарності і гарантує загальнодоступність водних ресурсів, а також фіксує норми з охорони навколишнього середовища, охорони здоров'я суспільства і окремих споживачів. Також держава визначає загальні правила управління послугами: відповідальність муніципалітетів, конкурентний вибір керуючих компаній та інше.

Німеччина.

У Німеччині, згідно зі ст. 28 Конституції, громади мають право самостійно регулювати свою діяльність з водопостачання. На рівні самоврядування можна використовувати місцеві законодавчі компетенції, так зване верховенство статутів [24]. Громади вільно регулюють місцеве водопостачання статутами, визначаючи тарифи. При цьому доходи і витрати, пов'язані з водопостачанням, контролюються на рівні федеральних земель службою комунального нагляду.

Як комуни у Франції, так і громади в Німеччині можуть самостійно залучати приватні підприємства до організації місцевого водопостачання.

У Німеччині водопостачання загалом є суспільним завданням. Збори за користування послугою водопостачання мають публічно-правовий характер. За участю в наданні послуг приватного підприємства змінюється і правовий характер водопостачання. Оплата таких послуг проводиться на договірній основі (приватно-правові правовідносини).

На цей час у Німеччині реалізуються різні моделі передачі державних завдань приватному сектору економіки країни.

Шляхом формальної приватизації завдання передається приватній компанії. Громада при цьому залишається головним учасником, а змінюється тільки правова форма.

При функціональній приватизації різні замовлення в рамках водопостачання, наприклад, ремонт водопровідних труб або очищення води, виконуються третіми особами. Комунальне підприємство і, відповідно, громада самі взаємодіють зі споживачем.

При укладанні договору про концесію зі споживачем працює виключно приватне підприємство, і відносини між ними носять приватно-договірний характер.

При майновій приватизації, яка передбачає право власності на водопровідну мережу, водопостачання повністю втрачає статус публічної завдання і пропонується як послуга третіх осіб.

Тарифна політика Франції. Можливості інвестування.

Головною особливістю комунальної системи Франції є гостра конкуренція між державними і приватними операторами, здатними задовольнити значні потреби в сировині, матеріалах і вимоги до якості. Ключовими приватними операторами є компанії «Veolia Environnement» і група GDF з 2008 р.

Вартість послуги водопостачання встановлюється муніципалітетом або одноосібно (в разі прямого управління), або за результатами переговорів з керуючою компанією (у разі делегованого управління). Тариф відрізняється в різних комунах, так як витрати, які несе служба, залежать від місцевих умов (природа використовуваних водних ресурсів і характер їх використання, властивості середовища, в яке скидаються стічні води, характер і кількість населення, що обслуговується, інвестиційна політика, котра проводиться муніципалітетами тощо).

У 1980-2000 рр. відбулося суттєве зростання цін на воду (до 8% у 1995 р) у зв'язку з необхідністю інвестицій для приведення об'єктів інфраструктури у відповідність з національними і європейськими нормами [42]. Потім середнє зростання цін на воду сповільнилося і наблизився до загального коефіцієнту інфляції (приблизно 1,7% на рік).

Для покриття постійних витрат об'єктів інфраструктури рахунок за воду крім змінної складової, пропорційної спожитому обсягу води, також може включати постійну складову (абонентську плату), яка не перевищує граничної величини, визначеної державою.

У кожному гідрографічному басейні створені державні Агентства з водних ресурсів (АВР), що фінансують розвиток мереж інфраструктури і очисних споруд на місцевому рівні, створення мереж зі спостереження за якістю води та інше. На період 2007-2012 рр. Агентства володіли засобами в загальному обсязі 11,6 млрд євро (без урахування виплат за очистку води). Законодавство Франції дозволяє місцевим органам самоврядування і АВР утримувати до 1% доходів від стягуваних податків.

АВР фінансують також заходи солідарності – місцеві проекти в галузі водопостачання та водовідведення, наприклад, для субсидування інвестицій в сільських комунах за допомогою спеціального податку, що справляється за кожний поданий кубометр питної води. Так, за період 2009-2015 рр. сільським комунам за угодою з їх Генеральними радами виділялася цільова допомога загальним обсягом в 1 млрд. євро.

Регіони і департаменти за рахунок коштів власних бюджетів підтримують інвестиції місцевих органів самоврядування або у формі субсидій, або у формі погашення відсотків по кредитах. Обсяг такої підтримки становить близько 600 млн. євро в рік.

Рахунок за воду у Франції складається з трьох основних категорій:

- оплата послуги з виробництва та подачі питної води – 14%;
- оплата послуг з водовідведення – 46% (збір і обробка стічних вод);
- податки і збори – 40%, зокрема, призначені для АВР: податок з водозабору, податок на забруднення води побутового походження і податок на оновлення мережі колекторів стічних вод, а також ПДВ (5,5%), застосовуваний до всієї суми рахунку.

При цьому перше місце у витратах організацій з постачання питної води і водовідведення займають витрати на персонал.

В цілому у Франції рахунки за воду складають менше 1% сімейного бюджету.

Тарифна політика Німеччини.

Як показує аналіз, в системі тарифікації Німеччині існує поділ на приватно-правову плату і державні збори.

Тільки громада, як орган місцевої влади, може стягувати державні збори, а приватні підприємства мають право вимагати тільки договірну плату. При цьому, такі форми як концесія та майнова приватизація виключають збори.

1. Збір за користування побудований на принципі покриття витрат. При цьому громадам надається свобода дій в його реалізації. Вони можуть вибирати масштаби встановлення витрат, перш за все в питанні про те, компенсувати чи ні вкладені інвестиційні витрати.

2. Приватно-правова плата, яка стягується з споживача за водопостачання, ґрунтується на договорі. Для контролю такої договірної позиції законодавство Німеччини передбачає два механізми: антимонопольне регулювання і цивільно-правовий ціновий контроль.

Антимонопольне регулювання передбачає контроль антимонопольних органів, тому підприємство, яке надає послуги водопостачання за найнижчою ціною, практично встановлює ціну для всіх інших порівнянних з ним підприємств – це Best-Practice-System. Дана система затверджена в 2010 році Федеральним Судом Німеччини.

Федеральний суд також затвердив критерії порівнянності: щільність постачання (на м³), кількість споживачів, споживчу щільність (довжина водогону на кожен будинок), корисну подачу води, структуру подачі (побутові і невеликі комерційні споживачі) і загальну виручку від водовідведення. Як критерій залучається тільки те, що підкріплюється однозначними статистичними даними.

Таким чином, всі підприємства водопостачання приватної форми піддаються порівнянню з конкурентами в інших громадах. Якщо ціна на воду значно відрізняється від ціни в інших громадах, підприємство повинно її обґрунтувати. Як обґрунтування виключаються будь-які обставини, які залежать від самого підприємства, наприклад, поганий стан водопровідних мереж, а також застарілі технології. Розглядаються тільки ті фактори, які присутні у ефективно організованого підприємства. Це, зокрема, топологічні і географічні чинники, концесійні збори і закупівельні витрати.

Цивільно-правовий ціновий контроль дозволяє судам загальної юрисдикції коригувати занадто високі ціни. Ціна на воду має відповідати «справедливому розсуду», перш за все, принципу покриття витрат, інакше вона не є обов'язковою.

Розподіл основних видів витрат на водовідведення в середньому таке: 27% – амортизаційні відрахування, 24% – відсотки за кредит, 15% – оплата праці персоналу, 14% – енергія (електрика) та матеріальні витрати, 4% – утилізація відходів [77].

Тарифна політика України.

Розглянемо поточний стан проблеми тарифоутворення і ступеню участі держави в забезпеченні споживачів послугами водопостачання та водооведення в Україні.

Відповідно до Закону України «Про природні монополії» [4], централізоване водопостачання та водовідведення є сферами діяльності суб'єктів природних монополій. Тому особливістю ринку водопостачання є монополістичний характер.

Тарифна політика України регулюється Законом України «Про житлово-комунальні послуги» [1], який, в залежності від порядку затвердження цін і тарифів, визначає три групи житлово-комунальних послуг (ЖКП):

- ціни і тарифи на послуги, які затверджуються центральними органами виконавчої влади;
- ціни і тарифи на послуги, які затверджуються органами місцевого самоврядування для надання на певній території;
- ціни і тарифи на послуги, що визначаються тільки за договором.

Підприємства водопостачання здійснюють розрахунки економічно обґрунтованих витрат на надання житлово-комунальних послуг (ЖКП) [11]. Встановлення цін і тарифів на ЖКП нижче розміру економічно обґрунтованих витрат на їх виробництво без відповідного відшкодування не допускається і може бути оскаржено в суді.

У нормативно-правових актах [5, 10] визначено, що тариф на послуги водопостачання в Україні повинен бути економічно обґрунтованим. Але в дійсності він таким не є, принаймні, з двох причин:

– підприємства централізованого водопостачання управляються органами місцевого самоврядування, які з політичних причин не зацікавлені у встановленні високих тарифів;

– кошти на компенсацію різниці між величиною тарифу і витратами на надання послуг можуть бути передбачені в місцевому бюджеті.

Часто місцеві ради піднімають тарифи для підприємств, але залишають їх на тому ж рівні для фізичних осіб. Згідно [37], рівень відшкодування затвердженими тарифами фактичної собівартості в середньому становить 71,4% для населення і 135,5% для комерційних споживачів (тобто по суті перехресне субсидування) (рис. 2.2).

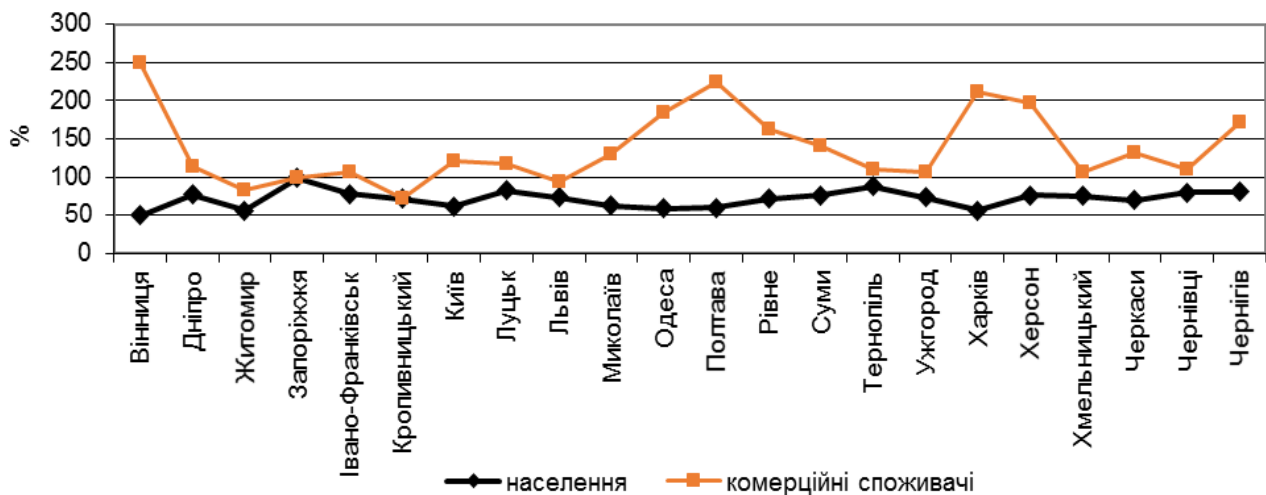


Рисунок 2.2. Рівень відшкодування (%) затвердженими тарифами фактичної вартості послуг водопостачання та водовідведення станом на 01.04.2017 року

Таким чином, частина різниці відшкодовується за рахунок комерційних споживачів, але в цілому по країні житлово-комунальне господарство є збитковим.

Згідно [5], в державні регульовані ціни (тарифи) на роботи (послуги) обов'язково повинна включатися інвестиційна складова. Для отримання інвестицій і включення цих коштів в планований прибуток, підприємству необхідно мати затверджену інвестиційну програму в якості плану використання інвестиційних коштів для здійснення необхідних інвестицій. У ній визначаються об'єкти та обсяги інвестування, джерела фінансування, графік проведення інвестиційних заходів з відповідними техніко-економічними розрахунками та обґрунтуванням.

Рівень рентабельності послуг з централізованого водопостачання формується з урахуванням необхідності сплати податку на прибуток підприємств і спрямування частини отриманого прибутку на їх технічне

переоснащення. Раніше граничний рівень рентабельності не повинен був в цілому по підприємству перевищувати 12%, для бюджетних установ – 15% та інших споживачів – 50% [9].

У Німеччині з метою вдосконалення системи ціноутворення держава відмовилася від надання соціальної допомоги населенню через комунальні підприємства і перейшло до адресного субсидування. Вивільнені кошти були спрямовані як інвестиції на модернізацію інженерних комунікацій і устаткування, впровадження інноваційних технологій. При цьому спостерігалось зростання вартості послуг і одночасно перехід до розрахунків за надані послуги відповідно до фактичного споживання.

В Україні ситуація інша. Згідно [106], органи державної влади проводять заходи з підтримки життєвого рівня населення, в першу чергу малозабезпечених громадян, шляхом компенсації витрат у зв'язку з підвищенням цін і тарифів, а також індексації доходів.

Реформування сектору водопостачання України відбувається і на законодавчому рівні. Верховною Радою України затверджена Загальнодержавна програма «Питна вода України на 2011-2020 роки» [3].

Головним завданням першого етапу виконання програми «Питна вода України на 2011-2020 роки» є впровадження економічно обґрунтованих тарифів на послуги з урахуванням витрат на здійснення капітальних вкладень. При цьому основною складовою собівартості послуги водопостачання є вартість електричної енергії. Вирішити цю проблему пропонується шляхом впровадження програм енергозбереження. Програма також зобов'язує Кабінет Міністрів України щорічно при розробці проекту Закону України «Про Державний бюджет України» передбачати субвенції місцевим бюджетам для зменшення вартості електроенергії, яка використовується для подачі питної води та водовідведення, до рівня тарифів для населення [3].

На даний момент різні тарифи для населення застосовуються навіть в різних населених пунктах в межах однієї області. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства ставить своїм першочерговим завданням встановлення єдиних тарифів на послуги житлово-комунального господарства [58].

Розрахунок тарифів в КП «Харківводоканал» здійснюється на 1м^3 реалізованої води, прийнятих на очистку та очищених стічних вод на основі економічно обґрунтованих планових витрат з урахуванням планованого прибутку та податку на додану вартість.

Планування здійснюється з урахуванням витрат на операційну діяльність та фінансових витрат. На рис. 2.3 і 2.4 представлена динаміка співвідношення тарифів для населення і собівартості 1м^3 послуг водопостачання та водовідведення відповідно в період з 2009 по 2016 рр.

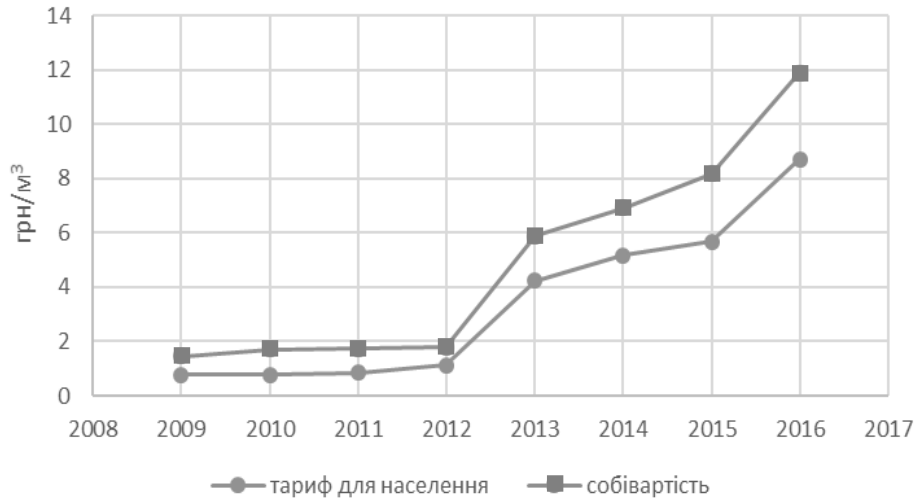


Рисунок 2.3. Тариф для населення і собівартість 1м³ послуги водопостачання

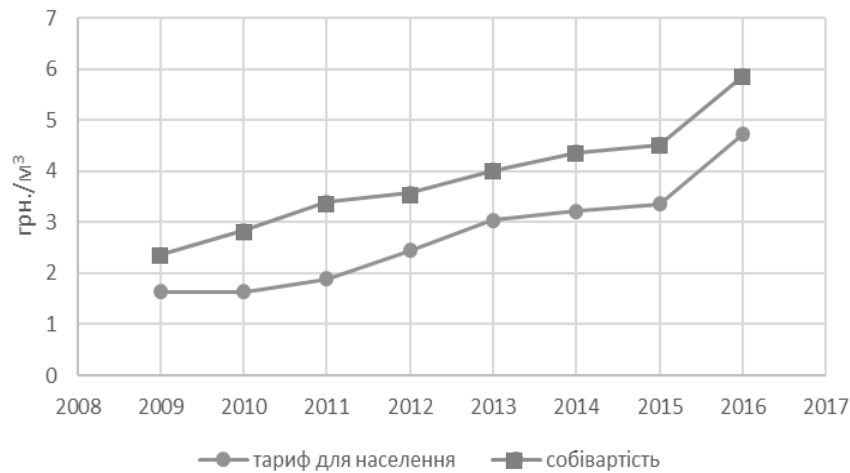


Рисунок 2.4. Тариф для населення і собівартість 1м³ послуги водовідведення

Розмір тарифів, згідно зі ст. 10 Закону України «Про державне регулювання у сфері комунальних послуг», повинен бути економічно обґрунтованим і забезпечувати повне відшкодування витрат на надання послуг, а також включати в себе витрати на освоєння капітальних вкладень (інвестиційну складову), реалізацію інвестиційних, стратегічних і соціальних програм.

У практиці господарювання в Україні розмір тарифу не забезпечує повного відшкодування фактичної собівартості, що пояснюється причинами соціального характеру. Так, наприклад, в м.Харкові за станом на 01.04.2017 року рівень відшкодування тарифом собівартості послуги централізованого

водопостачання та водовідведення становив приблизно 51,1% і 52,4% відповідно.

Таким чином, рівень фінансового забезпечення функціонування КП «Харківводоканал» є критично низьким, що визначає необхідність розвитку та застосування інноваційних методів управління підприємством на основі системного аналізу цілей, властивостей, можливостей та режимів його діяльності як складної соціально-організаційної системи макрорівня.

2.2. Побудова множини частинних критеріїв ефективності функціонування комунальних підприємств

У системному аналізі як науковій дисципліні виділяють три типи опису систем: модель «чорна скринька», модель складу системи і модель структури системи. У даній роботі для синтезу системи використовується модель структури системи виду [49]:

$$S = \langle (M \times C) \times P \rangle,$$

де M – множина елементів системи, на якій реалізовано множину зв'язків C , які впорядковують елементи в структуру з скінченною множиною властивостей P .

Властивості системи – це величини, які відображають поведінку об'єкту, що моделюється, і враховують умови його функціонування у взаємодії із зовнішнім середовищем. Властивості системи, виражені кількісно, є частинними критеріями ефективності системи.

Для опису властивостей складних економічних систем використовується набір взаємозв'язаних вартісних, відносних і натуральних критеріїв. Побудуємо такий набір частинних критеріїв, що характеризують ефективність діяльності КП водопостачання з позиції досягнення стратегічної мети сталого розвитку Харківської області [91].

Виділимо наступні два множини частинних критеріїв [65, 113, 115]:

1) економічні критерії ефективності:

$$K_e = \{K_e^1, K_e^2, \dots, K_e^7\}, \quad (2.1)$$

де K_e^1 – критерій питомої витратності, грн/м³, що характеризує витрати на надання одиниці послуги водопостачання та водовідведення, яка вимірюється в кубічних метрах.

K_e^2 – критерій необхідного обсягу електроенергії для забезпечення виробництва послуги водопостачання і водовідведення, кВт·ч/м³. Даний критерій припускає інше формулювання в разі, якщо розглядаються питомі

витрати на електроенергію в загальній структурі витрат на виробництво послуги.

K^3_e – критерій доступності послуг, %. Визначається як відношення вартості послуги до середньої або мінімальної зарплати по регіону або місту.

K^4_e – прибуток на одиницю загальних витрат, грн. Критерій характеризує величину прибутку, принесену однією гривнею загальних витрат.

K^5_e – рентабельність виробництва, %. Цей критерій є одним з найважливіших показників функціонування комунального підприємства при переході до ринкових взаємовідносин [102].

K^6_e – витрати на 1 грн. наданих послуг, грн.

K^7_e – приріст обсягу послуг за рахунок інтенсифікації виробництва, %.

Інтенсифікація виробництва в даному випадку означає впровадження нових передових технологій очищення і передачі води, поліпшення організації та підвищення продуктивності праці.

На рис. 2.5 наведено динаміку зміни вартості комунальних послуг (для середньої двокімнатної квартири в м. Харкові) у відсотках від середньої заробітної плати по м. Харкову за 2009-2016 рр. без нарахування субсидії. Цей графік характеризує критерій доступності комунальних послуг K^3_e .

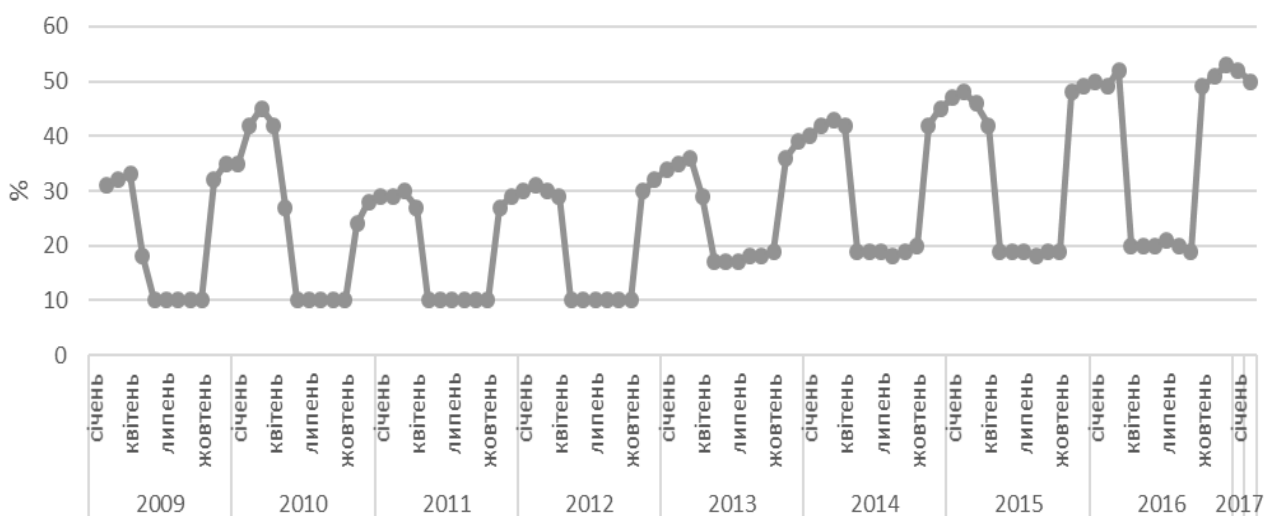


Рисунок 2.5. Динаміка зміни вартості комунальних послуг у відсотках від розміру заробітної плати

Так, у 2010 році два комунальних підприємства м. Харкова: КП «Харьковкоммуночистовод» і КП «Вода» були реорганізовані в одне – КП «Харьководоканал», що дозволило зменшити кількість працівників, тобто забезпечити збільшення обсягу послуги без збільшення її вартості.

2) соціальні критерії ефективності:

$$K_c = \{K_c^1, \dots, K_c^5\}, \quad (2.2)$$

де K_c^1 – критерій аварійності, кількість дзвінків/одиницю часу. Виражається як частота звернення населення в житлово-комунальні служби;

На рис. 2.6 наведена офіційна статистика звернень до Харківської міської диспетчерської служби «1562» за 18 березня 2016 року, яка ілюструє критерій аварійності K_c^1 .

K_c^2 – критерій розширення спектра послуг, кількість послуг. Формалізує появу нових видів послуг, таких як різні види очищення води, встановлення лічильників тощо.

K_c^3 – критерій модернізації, % – оцінка заходів, які проводяться місцевим самоврядуванням і комунальним підприємством для поліпшення умов забезпечення населення послугами водопостачання та водовідведення, а також екологічної обстановки в регіоні. Характеризує ступінь відхилення параметрів послуг від нормативних.

K_c^4 – критерій стабільності – відображає період часу у місяцях, протягом якого вартість житлово-комунальних послуг для населення залишається незмінною.

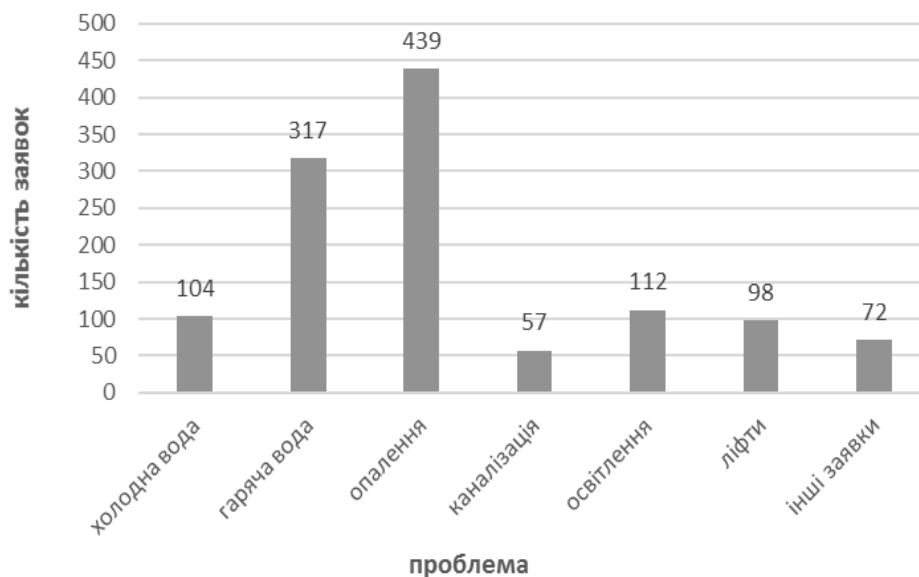


Рисунок 2.6. Статистика звернень до Харківської міської диспетчерської служби «1562»

K_c^5 – критерій благоустрою, % – оцінка забезпеченості населення кожним з видів житлово-комунальних послуг і форм їх надання. Вимірюється

відношенням кількості споживачів послуг централізованого водопостачання та водовідведення до числа потенційних споживачів послуги в регіоні.

Зауваження 2.1. Частинні критерії $K^1_e, K^2_e, K^3_e, K^6_e, K^1_c$ є дестимуляторами, а частинні критерії $K^4_e, K^5_e, K^7_e, K^2_c, K^3_c, K^4_c, K^5_c$ – стимуляторами.

Фрагмент дерева цілей, які підтверджують значимість ефективного функціонування КП водопостачання для досягнення стратегічної і операційних цілей, а також завдань Стратегії розвитку Харківської області [91] (див. п.1.2) представлений на рис. 2.7.

Таким чином, запропонована система критеріїв становить векторну оцінку умов існування (якості життя) населення і дозволяє простежити динаміку їх зміни в умовах проведення заходів з реформування менеджменту та реновації основних фондів житлово-комунального господарства.

Отже, оцінка економічної ефективності комунального підприємства проводиться за двома напрямками: за величиною прибутку (в економічному сенсі) – критерії K^3_c та K^4_e , а також за рівнем зниження витрат на одиницю корисного ефекту житлово-комунальних послуг, або за приростом їх обсягу при стабільних обсягах витрат (бюджетна ефективність). При цьому необхідно враховувати високу соціальну значущість житлово-комунального господарства, яка істотно трансформує висновки, отримані на підставі чисто економічного аналізу її бюджетної ефективності.

Відзначимо, що друге завдання Стратегії (рис. 2.7), що реалізується множиною критеріїв $\{K^7_e, K^1_c, K^2_c, K^3_c, K^5_c\}$ в цілому орієнтоване на оптимізацію використання ресурсного потенціалу підприємства.

Крім того, частинні критерії ефективності, виділені в рамках рішення першого та третього завдань, також (безпосередньо або опосередковано) визначають ефективність використання ресурсного потенціалу.

Ресурсний потенціал КП становить підмножина $R = \{r_1, r_2, \dots, r_V\}$ властивостей P підприємства як системи. При цьому ресурсний потенціал ремонтно-будівельної організації як підсистеми комунального підприємства є підмножиною

$$R^{RCO} = \{r_1, r_2, \dots, r_M\}, M < V, R^{RCO} \subset R.$$

Саме ці властивості, виражені кількісно, визначають потенційну ефективність комунального підприємства, тобто впливають на ступінь реалізації векторного критерію його ефективності.

Зауваження 2.2. Відзначимо двоїсту природу ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації – множина властивостей R^{RCO} . Реалізація

ресурсного потенціалу R^{RCO} , що є підмножиною властивостей P підприємства як системи, підвищує ефективність функціонування КП водопостачання та

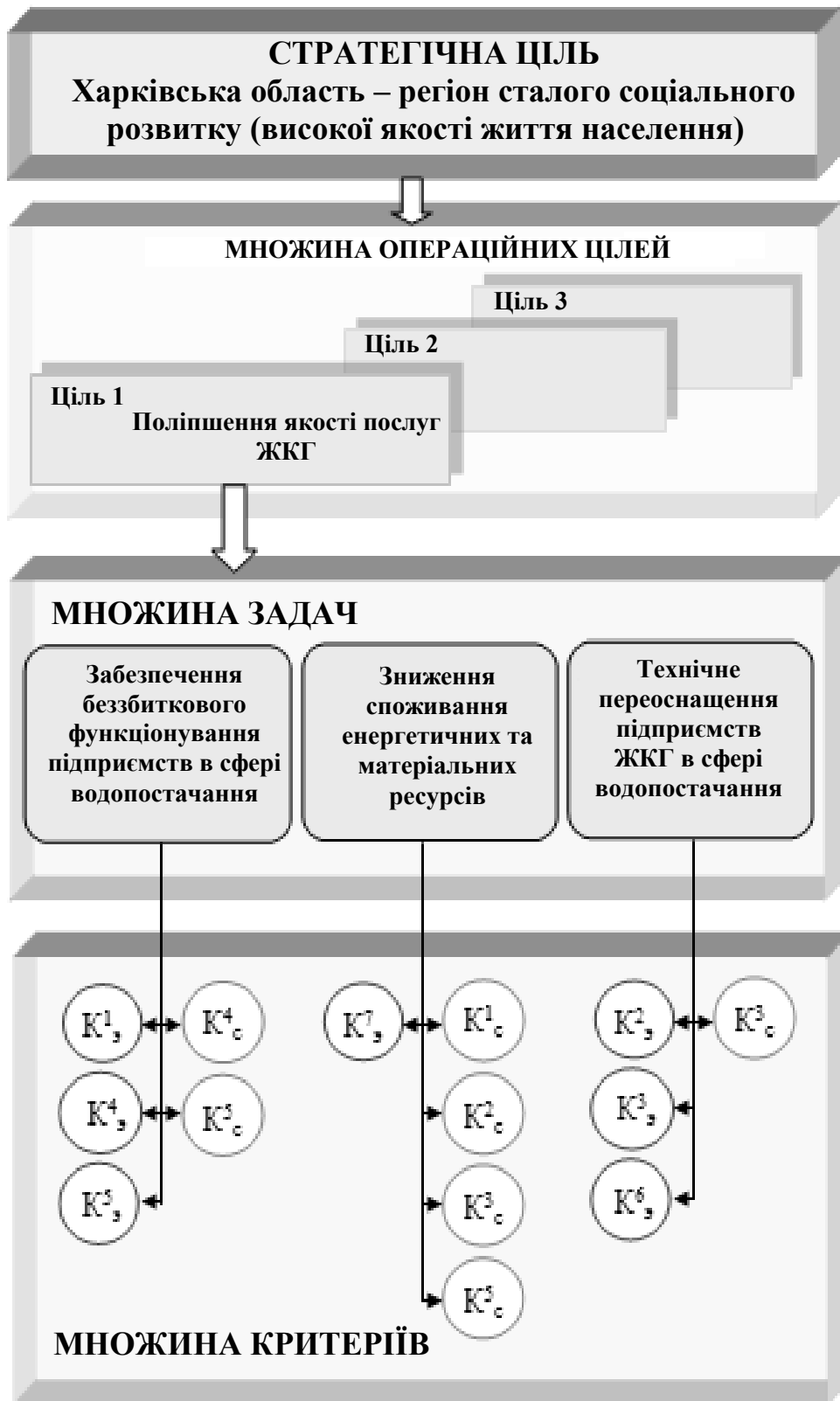


Рисунок 2.7. Ієрархія реалізації цілей. Дерево цілей КП

підвищує якість основних фондів комунального підприємства поряд з підвищенням ефективності функціонування регіональної системи як системи більш високого рівня через рішення своїх задач (рис. 2.7).

З поняттям цілеспрямованої поведінки системи безпосередньо пов'язана категорія «управління». Управління завжди починається з мети. Іншими словами, будь-яка розумна дія передбачає формулювання мети як уявлення про певний кінцевий стан, що має стати результатом цієї дії.

Інтерпретацію функцій управління ресурсним потенціалом комунального підприємства у сфері водопостачання в цілому і його ремонтно-будівельної організації, зокрема, можна представити у вигляді чотирьох основних груп (рис. 2.8).

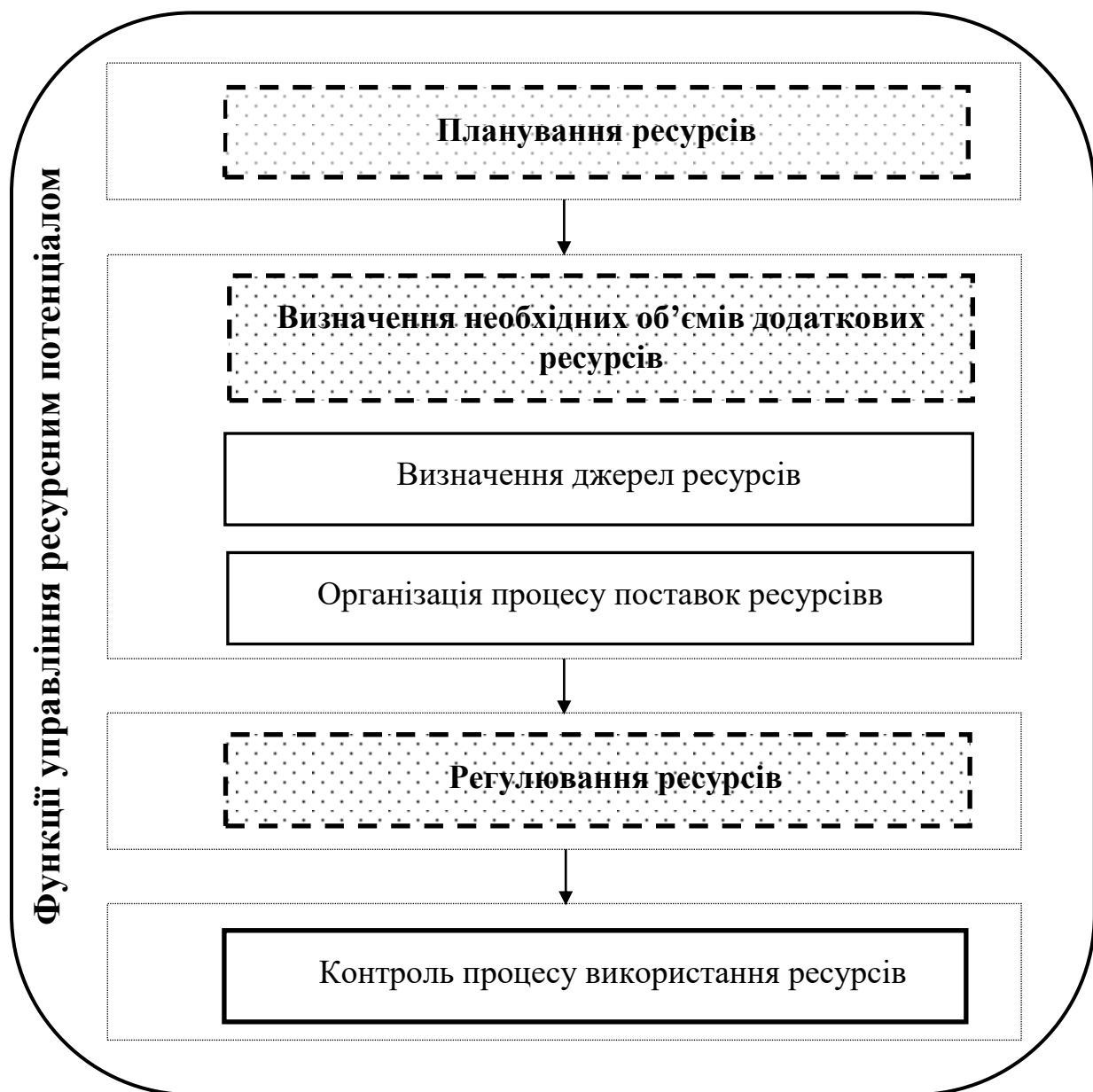


Рисунок 2.8. Функція планування в загальній системі управління

I. Планування потреби в матеріальних, фінансових і трудових ресурсах для виконання виробничої програми підприємства.

Виробнича програма РБО представляє безперервну послідовність проектів ремонтно-відновлювальних робіт, кожна з яких складається із скінченої впорядкованої множини ремонтних робіт. Тому реалізація першої функції управління означає, що на даному етапі задаються загальні параметри обсягів робіт, які підлягають виконанню в певному діапазоні планування.

II. Визначення джерел та організація процесу надходження ресурсів.

Ця функція реалізується в разі виникнення необхідності в отриманні додаткових ресурсів.

III. Регулювання кількості матеріальних, фінансових, трудових видів ресурсів шляхом мінімізації відхилення заданих (запланованих) параметрів від фактичних, яке може відбуватися як з об'єктивних, так і з суб'єктивних причин.

На рис. 2.8 виділені (штрихуванням) функції управління ресурсним потенціалом, що розглядаються в даній роботі. Основною з них є задача планування обмежених ресурсів підприємства.

IV. Періодичний контроль процесу використання ресурсів на основі моніторингу параметрів виконання робіт.

Ця функція забезпечує можливість точної та оперативної реакції на зміни, що виникають в процесі управління, на основі коригування комплексу управлінських рішень в реальних обставинах з урахуванням поставлених цілей. В цьому випадку реалізується принцип гнучкості управління.

При постановці задачі планування ресурсного потенціалу РБО КП необхідно враховувати, що процес функціонування будівельної та ремонтно-будівельної організації являє собою безперервну послідовність проектів як множини ремонтно-відновлювальних робіт, тобто носить дискретно-континуальний характер.

При цьому кожен окремий проект складається з скінченої множини робіт. Для виконання кожної роботи необхідні певні види ресурсів (часові, трудові, фінансові, капітальні, матеріальні, науково-інформаційні тощо), які узагальному випадку є обмеженими.

З іншого боку, як показує аналіз, кількість необхідних ремонтних робіт значно перевершує потужності підприємства.

Отже, процес планування діяльності ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання на заданий період часу заснований на впорядкуванні множини робіт з метою оптимального використання наявного ресурсного потенціалу та обґрунтування необхідності залучення додаткових ресурсів.

У свою чергу, параметри ремонтно-відновлювальних робіт, тобто необхідні для виконання кожної з множини таких робіт фінансові, трудові, матеріальні ресурси, є ендогенними змінними для частинних критеріїв ефективності (економічних і соціальних) функціонування КП.

Таким чином, кожен з певних частинних критеріїв ефективності (2.1), (2.2) є функцією від кількості виконаних робіт Q і використаних видів ресурсів R :

$$K_i = F_i(Q, R), i= 1,2,\dots,12.$$

В цілому, задача планування ресурсного потенціалу РБО на заданий період полягає у визначенні оптимальної структури виробничої програми організації, тобто кількості робіт і ресурсів, необхідних для їх виконання.

Формальна постановка задачі є такою:

$$(Q^*, R^*) = \operatorname{argextr} K(Q, R), \text{ причому } (Q, R) \in \Xi, \quad (2.3)$$

де $K(Q, R) = \{K^1_e, \dots, K^7_e; K^1_c, \dots, K^5_c\}$;

Ξ – область допустимих рішень задачі, яка визначається обмеженнями на різні типи ресурсів.

2.3. Аналіз економіко-математичних моделей і методів оптимального планування як функції управління ресурсами

Проблема планування ресурсів на підприємствах різних видів економічної діяльності знаходиться в центрі постійної уваги українських та зарубіжних дослідників.

В роботі [105] підприємства житлово-комунальної галузі моделюються як складні кібернетичні системи. Для управління такою системою і аналізу дії внутрішніх і зовнішніх факторів використовується імітаційна модель організаційно-технічних рішень з надання житлово-комунальних послуг. У публікації [46] проблема оптимізації економічно ефективного розподілу наявних ресурсів розглянута з точки зору розробки технологічних і організаційних рішень ремонту та заміни технічно зношених трубопроводів водопостачання з використанням різних інженерних підходів і методик на прикладі харківської водопровідної мережі.

Дослідження [43] присвячено розгляду задачі розподілу фінансових ресурсів, пошуку джерел фінансування для здійснення розвитку підприємств житлово-комунального господарства, в рамках якої обґрунтовується необхідність проведення активної інвестиційної політики в контексті специфіки житлово-комунальних підприємств Харківського регіону.

Складність завдань планування і розподілу обмежених ресурсів комунального підприємства в цілому і його ремонтно-будівельної організації зокрема викликає необхідність розробки економіко-математичних моделей і методів, які враховують суттєві особливості цього класу задач.

До традиційних моделей календарного планування відносять лінійні графіки Ганта, лінійні моделі, а також мережеві моделі [48, 80], які, на відміну від лінійних, можуть описувати взаємозв'язки між роботами програми.

Мережеві моделі, відображаючи одноваріантну технологію і організацію робіт, мають низьку «стійкість» до змін, які характерні для об'єкта моделювання в процесі будівництва.

Удосконалення технологічних моделей дозволило створити узагальнені мережеві моделі (УММ) [80]. Принципова відмінність УММ від розглянутих вище моделей полягає в тому, що в них розглядаються два типи зв'язку між залежними роботами – «не раніше» і «пізніше» і аналогічні обмеження термінів початку і завершення робіт. УММ дозволяють підвищити ступінь адекватності при моделюванні складних технологічних процесів, але не дозволяють оперувати іншими характеристиками робіт проекту, крім тривалості.

Розв'язання задач оптимального розподілу ресурсів на мережі призводить до необхідності визначення критичного шляху для кожного варіанта розподілу ресурсів і вибору оптимального. Універсальних точних методів розв'язання задач розподілу ресурсів на мережах не існує, розглянуті лише окремі випадки.

Однак дані моделі в силу властивої їм жорсткості і детермінованості показали свою неспроможність для вирішення задач планування і управління в сучасних умовах динамічно мінливого зовнішнього середовища з урахуванням численних зв'язків між виконуваними роботами.

У роботах [143, 150] розглянуті підходи до розв'язання задачі розподілу обмежених ресурсів проекту, так звані Resource Constrained Project Scheduling Problems (RCPSP), які використовують точні і наближені методики розв'язання. Так, в роботах [144, 156] пропонується генетичний алгоритм розв'язання як однокритеріальної, так і багатокритеріальної задачі розподілу обмежених ресурсів проекту. В роботі [129] вивчаються PERT / CPM мережеві технології в припущенні, що всі необхідні ресурси є доступними. У статті [152] описана інноваційна автоматична система побудови календарного плану проекту, що доставляє оптимальний час виконання проекту в цілому.

Значний внесок у розвиток математичних моделей і методів розв'язання задач оптимального планування внесли вчені Інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України. Конструктивні засоби моделювання і розв'язання задач оптимального проектування шляхів [28, 53], електричних і газових мереж [52], оптимізаційні методи визначення найкоротших шляхів на мережах [16] і критичних шляхів у мережевих графіках, розв'язання задач

розміщення виробництва, теорії розкладів і календарного планування [55] в дискретній постановці, а також алгоритми розв'язання ряду інших дискретних задач [56] були запропоновані академіком В.С. Михалевичем і його учнями.

Розвинена В.С. Михалевичем теорія послідовних статистичних рішень, застосована до розв'язання різноманітних детермінованих задач, отримала назву «схема послідовного аналізу варіантів» [51].

Ефективні засоби розв'язання оптимізаційних задач календарного планування на виробництві, які базуються на використанні евристичних алгоритмів, вивчені в монографії [74].

Розвиток ідей календарного планування, моделювання виробничих процесів і управління промисловим підприємством представлений в монографії [73].

В роботі [84] вперше було розглянуто клас задач календарного планування, які виникають при автоматизації складних виробничих процесів.

Ряд теоретичних результатів, пов'язаних з кількісним аналізом складності методів послідовного аналізу варіантів, головним чином для мережевих задач розподілу обмежених ресурсів, складання розкладів і близьких задач, представлений у фундаментальній монографії [54].

У роботах [93, 146] розглядаються різні аспекти проблеми застосування інформаційних технологій в задачах управління обмеженими ресурсами підприємства, в тому числі питання комплексної автоматизації технологічних процесів в системах водопостачання і водовідведення.

Проведений аналіз методів розв'язання оптимізаційних задач розподілу і планування обмежених ресурсів дозволив виділити такі основні групи методів:

- методи критичного шляху (детермінований і імовірнісний підходи) [92];
- методи теорії ігор [124];
- методи дискретної оптимізації (метод послідовного аналізу варіантів, метод гілок і меж) [54];
- методи неперервної оптимізації (лінійне програмування, методи активного набору) [27];
- евристичні алгоритми [94, 141].

Так, в статті [141] описується застосування генетичного алгоритму для розв'язання задач календарного планування обмежених ресурсів в мультипроектах як сукупності проектів, спрямованих на досягнення однієї мети.

При розв'язанні задач планування в ринкових умовах необхідно враховувати множину ключових факторів динамічного зовнішнього середовища. Наукова література пропонує ряд підходів для виділення, опису та формалізації цих факторів. Так, у статті [40] розглянуто сутність процесу стратегічного планування в умовах ринкової економіки, проведено огляд

сучасного стану планування на підприємствах житлово-комунального господарства, запропоновано алгоритм стратегічного планування напрямів розвитку підприємств житлово-комунального господарства Донецького регіону.

В роботі [14] наведено формалізацію моделі «шестерень» для управління взаємовідносинами підприємства з зовнішнім середовищем. Автори зрівнюють організаційну структуру підприємств і елементи зовнішнього середовища з зубчастою передачею, а підприємство і зовнішнє середовище – з шестернями, де кожен зуб першої шестерінки є деякою ремонтною роботою або роботою з благоустрою, а зуби іншої шестерінки – це відповідні елементи зовнішнього середовища.

Роботи [107, 109] присвячено розгляду математичних моделей та оптимізаційних методів розв'язання задач управління ресурсним потенціалом, створених на фундаменті теорії оптимізаційного геометричного проектування, що розвивається в рамках наукової школи чл.-кор. НАН України професора Ю.Г. Стояна [89].

До задач теорії оптимізаційного геометричного проектування відносяться оптимізаційні задачі розкрою, упаковки, компоновання, що у сукупності складають клас задач розміщення.

Далі в роботі під оптимізаційною задачею розміщення будемо розуміти наступну задачу.

Нехай є скінчений набір T_i , $i = 1, \dots, N$, об'єктів розміщення різної просторової форми і деяка область розміщення T_0 . Необхідно розмістити множину об'єктів розміщення T_i у області T_0 без взаємних перетинів так, щоб заданий критерій якості $Y(u)$ досягав екстремального значення, тобто

знайти:

$$\Psi(u) \rightarrow \text{extr}_{u \in E^K}, \quad (2.4)$$

де $K = O(N \cdot M)$, M – топологічна розмірність об'єктів і області розміщення.

В якості цільового функціоналу приймають метричні характеристики (розміри) області розміщення (наприклад, довжину зайнятої частини смуги), площу або об'єм області розміщення, коефіцієнт заповнення області розміщення (якщо область розміщення являє собою компакт) і ін.

Для опису умов взаємного неперетину об'єктів розміщення і умов розміщення об'єктів в області розміщення в теорії оптимізаційного геометричного проектування використовується поняття Φ -функції, введене Ю.Г. Стояном [89]. 0-рівень Φ -функції описує дотик пари об'єктів розміщення (або дотик об'єкта межі області розміщення) і є аналогом годографа функції щільного розміщення (ГФЩР).

Даний підхід дозволяє найбільш точно відобразити дискретно-континуальну природу задач оптимального розміщення і, як наслідок, є основою для побудови ефективних методів розв'язання.

У публікаціях [107, 109] ідеологію моделювання та розв'язання задач розміщення застосовано до задач оптимізації управління виконанням робіт проекту, в рамках якої деякі властивості досліджуваних об'єктів, (тривалість в часі, вартість тощо) представлені як геометричні характеристики; умови часткової впорядкованості робіт – як умови розміщення об'єктів, що дозволяє здійснювати моделювання безперервного проведення робіт; задавати тривалість кожної окремої роботи як довжину об'єкта; враховувати інтервали часу між виконанням робіт як відстані (які можуть змінюватися) між об'єктами.

У кінцевому рахунку така концепція дозволяє розглянути велику множину варіантів технологічного виконання робіт і розраховувати кращий варіант при досягненні глобального мінімуму цільової функції.

Відзначимо в цьому зв'язку наступне. Детальний аналіз сучасного стану інструментальних засобів моделювання і розв'язання задач розміщення, або, іншими словами, упаковки і розкрою – Cutting and Packing problems (C & P) – проведено в роботі [169]. Наслідуючи традиції попередніх досліджень [131, 138], в [168] наводиться узагальнена класифікація задач розглянутого класу. Найбільш репрезентативними, з точки зору авторів, задачами з множини 2D C & P задач є задачі прямокутного розкрою [145, 168].

У роботах [130, 137, 139] розглядаються задачі зазначених класів разом з їх практичними реалізаціями. Однак всі цитовані огляди містять інформацію виключно про англійські публікації.

У переважній більшості згаданих робіт розглядається альтернативний підхід [149, 163] до моделювання задачі розміщення прямокутних об'єктів як задачі цілочисельного лінійного програмування на підставі дискретного представлення області розміщення та введення цілочисельних змінних, що дорівнюють одиниці, якщо деяка задана точка (вершина) об'єкта, що розміщується, знаходиться в розглянутому вузлі дискретизації області розміщення, і нулю в іншому випадку. Даний підхід відрізняється тим, що генерує дуже значну розмірність моделі.

Питання постановки і розв'язання задач оптимального планування як задач розміщення відповідної розмірності останнім часом вельми цікавить і зарубіжних дослідників. У нечисленних публікаціях [132, 133], що з'явилися недавно, вивчаються можливі підходи до реалізації цієї ідеї.

У контексті вирішення даної проблеми необхідно також згадати наступні публікації. Робота [61] присвячена моделюванню багатовимірної задачі календарного планування (задача оптимального розподілу багатьох ресурсів проекту). Вихідна задача зведена до оптимізації розміщення

гіперпаралелепіпедів, що моделюють багаторесурсні операції (роботи) проекту. Запропоновано підхід до її розв'язання, заснований на схемі методу гілок і меж.

В роботі [63] розглядається двовимірна задача розподілу обмежених ресурсів проекту в умовах, коли роботи проекту мають дві характеристики – вартість і час виконання, і допускається їх розбиття за часом. Задача зведена до оптимізації розміщення прямокутників із змінними розмірами в смузї з мінімізацією її довжини (загального часу виконання проекту). Аналогічна задача в тривимірній постановці досліджується в роботі [59]. Побудовано математичну модель, яка зводиться до задачі оптимального розміщення паралелепіпедів.

У роботах [62, 76] розглянуті підходи до застосування ідеології інтервальної геометрії при побудові математичної моделі задачі розподілу ресурсів в умовах невизначеності як задачі оптимізаційного геометричного проектування. Метричні характеристики об'єктів розміщення, що моделюють роботи проекту, можуть змінюватися незалежно один від одного в деяких діапазонах значень.

Аналіз наукової літератури показує, що публікації, присвячені проблемі оптимального планування обмежених ресурсів в мультипроектному середовищі, вельми нечисленні. Крім згаданої вище роботи [141] відзначимо статті [128, 148]. В роботі [12] розглянута узагальнена багаторесурсна модель планування процесу виконання кількох проектів.

Задачі оптимального розміщення, як, власне, і задачі оптимального планування, в загальному випадку відносяться до класу задач не поліноміальної складності. NP-повнота задач зазначеного класу обумовлює необхідність розвитку як методів глобальної і локальної оптимізації, так і евристичних процедур розв'язання. При реалізації евристичних методик рішення [131, 138, 169] активно використовуються різні метаевристики, такі як імітаційний відпал (simulated annealing), метод пошуку з заборонами (tabu search), генетичний алгоритм, алгоритми мурашиної колонії (ant colony algorithm) і інші.

В роботі [89] запропонований і реалізований метод наближеного розв'язання задачі розміщення об'єктів довільної просторової форми, який отримав назву методу послідовно-одиначного розміщення. Метод заснований на схемі методу оптимізації за групами змінних і використовує засоби побудови ГФЦР. Метод призначений для отримання раціонального (допустимого розв'язку), яке є оптимальним для даної фіксованої перестановки номерів об'єктів. Подальший перебір перестановок може здійснюватися на основі методу околів, що звужуються [89], або за допомогою методу вектору спаду.

Для багатьох класів задач оптимального розміщення геометричних об'єктів, включаючи задачі розміщення прямокутних об'єктів, розроблені

ефективні методи визначення глобального мінімуму (з урахуванням обмежень на розмірність задачі), які використовують схему методу гілок і меж, а також методи пошуку локального мінімуму, засновані на застосуванні алгоритмів лінійного програмування або методів набору активних нерівностей [27].

Задачі розміщення, поставлені як задачі цілочисельного або бінарного програмування, розв'язуються на основі імплементації Лагранжевої релаксації і субградієнтної оптимізації [133, 163].

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Визначено поняття, склад і структуру ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання та його підсистеми – ремонтно-будівельної організації, виділені його специфічні особливості. Проведено класифікацію ресурсів комунального підприємства.

2. Розглянуто економічну категорію управління ресурсним потенціалом комунального підприємства, виділені основні функції управління і їх специфічні особливості в контексті виконання виробничої програми РБО. Показано, що основною функцією управління ресурсним потенціалом, що визначає його ефективність, є планування.

3. Проведено системологічний аналіз тарифоутворення, правового регулювання і ступеня участі приватних компаній у сфері централізованого водопостачання в Україні та провідних країнах Євросоюзу (Німеччина, Франція), як джерела ресурсного забезпечення ефективного функціонування інженерних комунікацій.

4. Здійснено аналіз тарифної політики КП «Харківводоканал». Показано, що з введенням принципу покриття витрат Україна зробила крок у напрямку ефективного постачання за економічно обґрунтованою ціною. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження Best-Practice-System.

5. Виділено і структуровано множину частинних критеріїв економічної та соціальної ефективності функціонування КП водопостачання і його ремонтно-будівельної організації. Виділено критерій ефективного використання ресурсного потенціалу в якості основного для комунального підприємства. Визначено роль ремонтно-будівельної організації КП водопостачання в забезпеченні підвищення ефективності використання його ресурсного потенціалу.

6. Проведено аналіз існуючих економіко-математичних моделей і методів оптимального планування ресурсів. Здійснено класифікацію оптимізаційних задач розміщення, інспірованих задачами планування ресурсного потенціалу, і методів їх розв'язання.

7. Моделювання і розв'язання задачі планування ресурсного потенціалу РБО в рамках реалізації основних функцій управління ресурсним потенціалом має враховувати специфіку структури виробничої програми РБО КП, що представляє безперервну послідовність проектів ремонтно-відновлювальних робіт, а також властивості багатовимірності ресурсного потенціалу, серед яких необхідність одночасного використання декількох ресурсів в процесі здійснення ремонтних робіт. Ці та інші (інтервальні задачі тривалості робіт, ризики) особливості процесу планування допускають представлення ремонтних робіт у вигляді геометричних об'єктів в багатовимірному просторі ресурсів, що обумовлює актуальність використання і подальшого розвитку інструментальних засобів моделювання і розв'язання оптимізаційних задач розміщення.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА

Визначено методичні засади моделювання функції попиту на послуги ремонтно-будівельної організації комунального підприємства, на підставі чого побудована динамічна функція попиту на послуги, що розглядається як можливість здійснення замовлення на ремонтно-відновлювальні роботи об'єкта з певним терміном виконання робіт та вартістю проекту, яка виражається в сумі укладених договорів і контрактів.

У розділі обґрунтовано концепцію моделювання управління ресурсним потенціалом КП водопостачання і водовідведення, засновану на теорії оптимального розміщення, що враховує мультипроектну організацію виробничого процесу, багатовимірність множини ресурсів і дозволяє сформулювати стратегію ефективного використання ресурсного потенціалу. Етапи концепції узгоджені з функціями управління ресурсним потенціалом, серед яких розглядаються: планування ресурсів, визначення необхідних обсягів додаткових ресурсів, регулювання ресурсів.

Запропоновано економіко-математичну модель планування ресурсів одного і декількох проектів ремонтно-відновлювальних робіт, що становлять виробничу програму РБО, в термінах оптимізаційної задачі розміщення.

Проаналізовано особливості цільового функціоналу і набору обмежень, які формують область допустимих рішень сформульованої оптимізаційної задачі планування ресурсів та інспірованої нею задачі розміщення.

3.1 Побудова динамічної функції попиту на послуги ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання

Обмежений обсяг нового будівництва та погіршення стану діючих об'єктів надає особливого значення грамотній технічній експлуатації і підвищенню функціональних характеристик основних фондів комунального підприємства.

У цьому контексті процес планування виробничої програми РБО полягає в організації раціональних зв'язків між її елементами та зовнішнім середовищем і впорядкуванні в часі проектів ремонтно-відновлювальних робіт на ділянках інженерної інфраструктури КП.

Залежно від тривалості періоду часу розрізняють оперативне і стратегічне планування. В якості горизонту оперативного планування виробничої програми ремонтно-будівельної організації прийнятий 1 рік.

Розглянемо методику визначення основних характеристик економіко-математичної моделі планування ресурсного потенціалу РБО. У зв'язку з цим першорядне значення має вивчення та моделювання функції попиту на послуги ремонтно-будівельної організації, який визначає розмірність оптимізаційної задачі планування і її структуру.

Застосування інструментарію [12] до аналізу статистичних даних підприємств, що працюють в сфері будівельних послуг Харківського регіону, дозволило виділити дві наступні категорії підприємств, які відрізняються умовами планування:

– підприємства зі попитоорієнтованим плануванням – будівельні компанії, які виконують весь комплекс робіт від вибору будівельної ділянки до облаштування та реалізації квартир, офісів, складських приміщень та інших об'єктів будівництва. До цієї групи підприємств належать, наприклад, БК «Констракшин Груп», ІБК «Авантаж», ВАТ «Житлобуд-1», АТ «Житлобуд-2», фірма «Т.М.М.»;

– підприємства з ресурсорієнтованим плануванням – будівельні організації та комунальні підприємства, які підтримують процес забезпечення населення водою, тепло- і електроенергією, газом та іншими основними послугами.

Принциповою відмінністю між зазначеними категоріями є спосіб визначення попиту на послуги і продукти діяльності підприємств. Для компаній 1-ї категорії попит необхідно прогнозувати, тобто вибирати земельну ділянку, функціональне призначення майбутнього об'єкта і враховувати значну кількість інших слабоформалізованих факторів. В даному випадку попит – величина ймовірна або невизначена.

Для організацій 2-ї категорії попит практично визначено, оскільки ремонтуються готові будівлі, інженерні комунікації, кількість яких майже не змінюється. Іншими словами, попит можна вважати величиною детермінованою.

Як було показано раніше, комунальне підприємство в сфері водопостачання та водовідведення в рамках надання послуги із забезпечення населення міста водою здійснює також ремонтно-будівельні проекти на своїх об'єктах, зокрема роботи з реконструкції та заміни мереж водопостачання та водовідведення.

Відновлення та ремонт основних фондів сьогодні здійснюється за рахунок оплати населенням комунальних послуг, фінансування з місцевого та державного бюджетів, інвестиційних коштів або на умовах фінансового лізингу [21]. Кошти від оплати населенням послуг покривають частину собівартості у вигляді амортизації. З огляду на монопольну діяльність підприємств водопостачання та водовідведення, величина собівартості послуг знаходиться

під контролем антимонопольного комітету, який не дозволяє значно збільшувати собівартість і направляти її на оновлення основних фондів.

Величина амортизації не вирішує питання оновлення основних фондів, так як частина основних фондів є повністю зношеною, і амортизаційні відрахування нараховуються тільки на витрати на їх капітальний ремонт і модернізацію, не покриваючи витрати на повне відновлення. Фактично єдиним джерелом надходження основних фондів для підприємств підприємств водопостачання та водовідведення є отримання асигнувань з державного та місцевого бюджетів. Однак брак бюджетних коштів робить незначною цю форму фінансування.

Незважаючи на те, що за одностайною думкою фахівців банківського сектора, фінансування за рахунок власних коштів у світовій практиці обходиться підприємствам дорожче банківського кредиту, в Україні в зв'язку з високими банківськими відсотками кредитування основних фондів (довгострокове кредитування) не вигідно. Проте, комунальні підприємства розглядають можливість (і намагаються) отримати інвестиційні кредити через недостатність власних джерел інвестиційних ресурсів.

Відсутність ефективних і прозорих процедур формування і зміни тарифів обумовлюють непривабливість комунального комплексу для приватних інвестицій, незважаючи на те, що більшість проектів модернізації комунальної інфраструктури є потенційно комерційно вигідними.

Основою забезпечення якісного функціонування передавальних пристроїв є обґрунтована ремонтна політика поряд із ефективним використанням наявних машин і механізмів.

Згідно [30], попит на продукцію ремонтно-будівельного виробництва – це бажання і можливість здійснити замовлення на ремонтно-відновлювальні роботи об'єкта з певним терміном виконання робіт і його ціною, яка виражається в сумі укладених договорів і контрактів.

Будемо далі вважати, що попит визначається довжиною інженерних комунікацій, які підлягають ремонту, тобто вимірюється в метрах (кілометрах).

Поряд з цим також буде використано нормоване безрозмірне представлення функції попиту, як відношення довжини інженерних комунікацій, які підлягають ремонту, до загальної протяжності інженерних мереж централізованого водопостачання та водовідведення.

При побудові функції попиту на послуги ремонтно-будівельних організацій комунального підприємства розглянемо такі типи ремонту мереж водопостачання та водовідведення як поточний, капітальний і аварійний.

Поточний ремонт $R_{\text{пот}}$ [6] – це комплекс ремонтно-будівельних робіт, який передбачає систематичне та своєчасне підтримання експлуатаційних якостей та попереджає передчасний знос конструкцій і інженерного

обладнання. Це профілактичні заходи для усунення несправностей окремих конструкцій або їх заміна, які виконуються для збереження працездатності об'єкта протягом наступних трьох років. Цей вид ремонту зазвичай проводиться без припинення експлуатації та перерви в роботі активної частини основних фондів.

Капітальний ремонт $R_{\text{кап}}$ [7] – комплекс ремонтно-будівельних робіт, який передбачає заміну, відновлення та модернізацію конструкцій і обладнання в зв'язку з їх фізичною зношеністю та руйнуванням з метою поліпшення експлуатаційних показників, а також поліпшення планування мереж водопостачання та водовідведення без зміни габаритів об'єктів.

Поточний ремонт проводиться кожні 3 роки, капітальний – кожні 20 років.

Обсяги поточного і капітального ремонту визначають детерміновану складову $D_{\text{детерм}}$ функції попиту D на послуги ремонтно-будівельної організації [101, 118].

Поряд з цим необхідно брати до уваги величину стохастичної складової $D_{\text{аварії}}$ функції попиту, яка задається довжиною аварійних комунікацій.

Таким чином, функція попиту в статичній постановці має вигляд:

$$D = D_{\text{детерм}} + D_{\text{аварії}}. \quad (3.1)$$

Очевидно, що в структурі попиту превалює детермінована складова.

Перед побудовою динамічної функції попиту зробимо наступні припущення.

Припущення 3.1. Нехай планування здійснюється в момент часу t на період $[t, t + 1]$, який дорівнює одному року.

Відзначимо при цьому, що рік – це той термін, на який сьогодні банки готові надати так званий короткостроковий кредит, незважаючи на те, що по суті такі інвестиції повинні носити довгостроковий характер (3-5 і більше років).

Припущення 3.2. Далі буде розглядатися тільки детермінована складова $D_{\text{детерм}}$ попиту D .

Можливість введення даного припущення визначається існуючою практикою планування, в рамках якої аварійний ремонт фінансується з окремого фонду.

Виходячи з наведених визначень поточного і капітального ремонту, величини попиту $D_{\text{пот}}$ і $D_{\text{кап}}$ на відповідні види ремонту є незалежними.

Отже, при побудові математичної моделі планування ресурсів ремонтно-будівельних організацій в якості функції попиту можна розглядати лінійну комбінацію двох функцій вигляду:

$$D_{\text{детерм}} = \lambda_1 D_{\text{пот}} + \lambda_2 D_{\text{кап}}, \quad (3.2)$$

де вагові коефіцієнти $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$, $\lambda_i > 0$.

Коефіцієнти λ_i визначаються відповідальною особою (ОПР). В окремому випадку ці коефіцієнти можуть бути однаковими. Це означає, що для ОПР однаково важливим є як поточний, так і капітальний ремонт.

При цьому поточний і капітальний види ремонту нерівнозначні за необхідними ресурсами. Капітальний ремонт вимагає множину спеціалізованих складних машин і механізмів, а також великих фінансових витрат, тоді як поточний ремонт виконується з меншими фінансовими витратами і меншою кількістю машин і механізмів.

Здійсимо структурну ідентифікацію функцій $D_{\text{пот}}$ і $D_{\text{кап}}$.

Прийmemo за 1 загальну довжину інженерних комунікацій, які обслуговуються комунальним підприємством.

Введемо наступні позначення:

Нехай A_t – частка інженерних мереж, які підлягають поточному ремонту в період $[t, t + 1]$:

$$A_t = A_0 + (A_t - A_0), \quad (3.3)$$

де A_0 – частка інженерних мереж, термін експлуатації яких на момент планування t без поточного ремонту перевищує 3 роки, на яких в період $[t, t + 1]$, що підлягає плануванню, закінчується термін чергового поточного ремонту (рис. 3.1).

Позначимо також \overline{A}_t частку інженерних комунікацій, на яких у період $[t, t+1]$, що підлягає плануванню, закінчується термін чергового поточного ремонту.

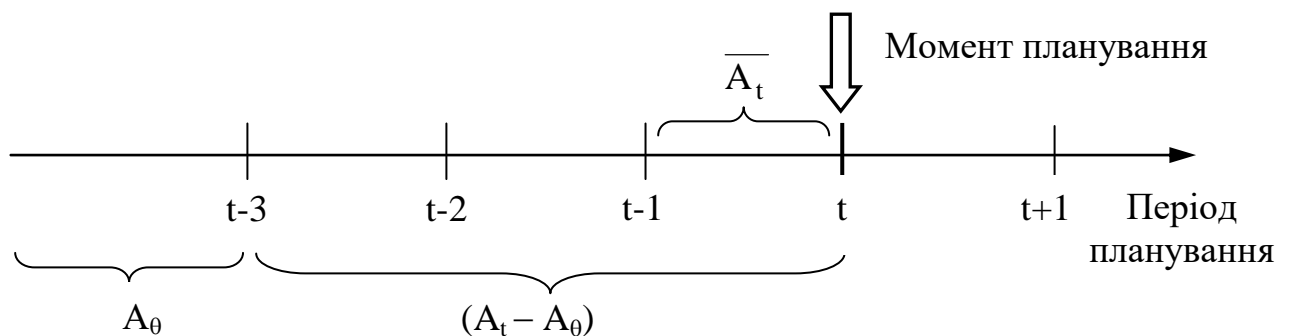


Рисунок 3.1. Розподіл термінів настання поточного ремонту

При цьому допускається, що ремонт мереж ($A_t - A_0$) може бути виконаний частково (така релаксація обмежень повністю відповідає існуючій практиці господарювання).

Позначимо через a_t функцію запланованого обсягу поточного ремонту:

$$a_t = A_0 + \alpha (A_t - A_0), \quad (3.4)$$

де $\alpha \in [0; 1]$ – параметр, який характеризує ступінь виконання поточного ремонту інженерних комунікацій за період, що передує моменту планування (рис. 3.1).

Очевидно, $A_t \geq a_t$.

Аналогічно, запланований обсяг b_t капітального ремонту становить:

$$b_t = B_\gamma + \beta (B_t - B_\gamma), \quad (3.5)$$

де B_t – частка інженерних мереж, термін капітального ремонту для яких закінчується в поточному році $[t, t + 1]$,

B_γ – частка інженерних комунікацій, для яких закінчився термін капітального ремонту.

Відзначимо, що при побудові економіко-математичної моделі динамічної функції попиту передбачається, що для мереж класу A_0 і B_γ ремонт має бути виконаний повністю в період $[t, t + 1]$.

Насправді це обмеження не є принциповим – коефіцієнти при A_0 і B_γ не обов'язково мають дорівнювати 1.

Припущення 3.3. Як впливає з аналізу предметної області, при формуванні функції попиту пріоритетним є капітальний ремонт. Іншими словами, якщо для деякої ділянки в періоді $[t, t + 1]$ настає термін як поточного, так і капітального ремонту, то протяжність цієї ділянки, будучи віднесеною до загальної довжини інженерних комунікацій, поповнить долю B_t .

Нехай G_t – доля інженерних мереж, які підлягають ремонту в поточному році $[t, t + 1]$, незалежно від виду ремонту (рис.3.2):

$$G_t = A_t + B_t. \quad (3.6)$$

Тоді величина $(1 - G_t)$ – протяжність нових мереж і мереж, для яких термін ремонту в періоді планування $[t, t + 1]$ не настане.

На рис. 3.2 показані різні типи характеру зміни нормованих оцінок A_t , B_t , $(1 - G_t)$.

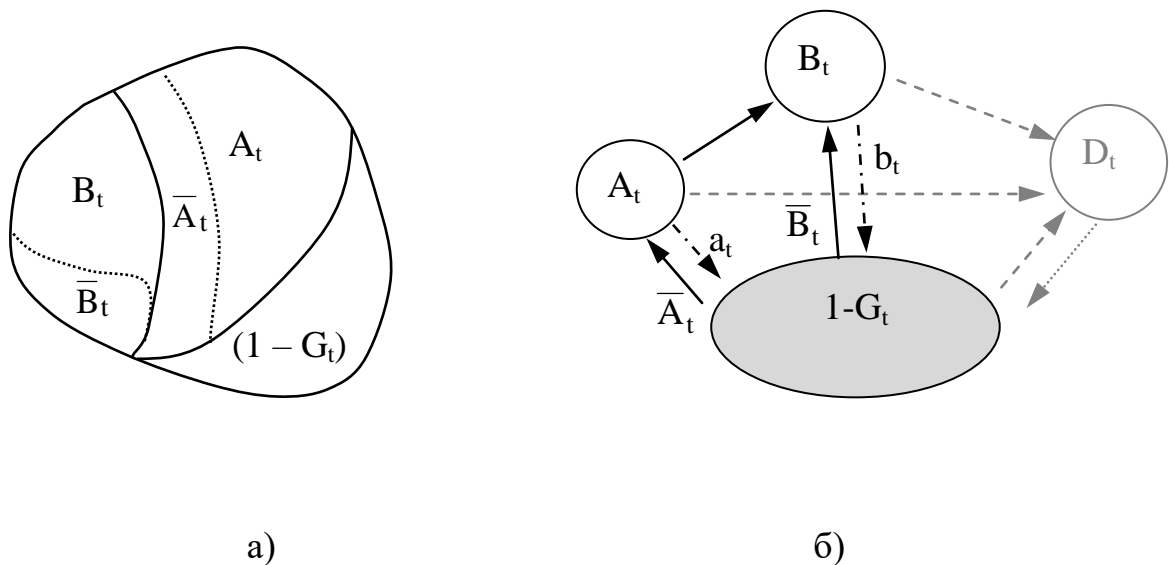


Рисунок 3.2. Величини $A_t, B_t, (1 - G_t)$ в період $[t, t + 1]$

а) графічна ілюстрація розбиття всієї множини інженерних комунікацій за ознакою стадії ремонтно-відновлювальних робіт;

б) орієнтований граф, дуги якого відповідають зміненню розглядуваних величин протягом періоду $[t, t + 1]$.

Змінення величин $A_t, B_t, (1 - G_t)$ відбувається на підставі наступних причин: згідно з нормативною документацією [6, 7] – величини \bar{A}_t, \bar{B}_t (стрілка \longrightarrow); на основі статистичних даних про стан інженерних комунікацій (стрілка \dashrightarrow); плановані величини (стрілка \dashrightarrow).

Таким чином, функція попиту (3.2) в динамічній постановці набирає вигляду:

$$D_{\text{детерм}}(\alpha, \beta) = \lambda_1 \{A_0 + \alpha (A_t - A_0)\} + \lambda_2 \{B_t + \beta (B_t - B_t)\}. \quad (3.7)$$

Кожна робота, яка має місце в рамках виконання обсягів ремонту a_t і b_t , вимагає певної кількості матеріальних, фінансових, трудових і інших типів обмежених ресурсів, які є у розпорядженні ремонтно-будівельної організації в кожен момент часу.

Тому функція попиту (3.7) розглядається на обмеженій багатовимірній області $\Xi \subset E^{\wp}$ допустимих розв'язків, яка виділяється на підставі формалізації ресурсних можливостей і обмежень ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання, \wp – вимірність простору допустимих розв'язків, що визначається як добуток кількості необхідних ресурсів та кількості робіт, які виконуються.

Отже, в загальному вигляді розглянута задача планування ресурсів підприємства в заданому горизонті планування формулюється таким чином:

$$D_{t \text{ детерм}}(\alpha, \beta) \rightarrow \max_{E \in E^{\varphi}} . \quad (3.8)$$

Зауваження 3.1. Особливістю даної постановки є змінне число обмежень області припустимих рішень задачі і розмірності простору ендогенних параметрів, в якому розглядається задача (3.8).

Зауваження 3.2. Задача (3.8) допускає ослаблену постановку, коли величина F фінансових ресурсів задається інтервально: $F + \Delta F$.

У цьому випадку величина ΔF визначає оцінку додаткових інвестицій, необхідних для виконання ремонтно-відновлювальних робіт в запланованому обсязі.

Відзначимо, що розв'язок задачі (3.8), отриманий при моделюванні процесу планування необхідного обсягу фінансових ресурсів, може застосовуватися в якості інформаційної бази прийняття рішення про надання інвестиційного кредиту банку та іншої донорської фінансової організації.

3.2. Концепція моделювання управління ресурсним потенціалом комунального підприємства, заснована на теорії оптимального розміщення

Останнім часом в арсеналі інструментальних засобів управління ресурсним потенціалом підприємства особливого значення набувають підходи до вирішення проблеми економіко-математичного моделювання задачі оптимізації управління ресурсним потенціалом, засновані на можливості впровадження проектної організації виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Такі підходи були з самого початку орієнтовані на вирішення практичних задач управління ресурсами, що виникають на різних стадіях інвестиційно-будівельного проекту.

Визначення 3.1. Проект – це скінчена послідовність робіт, підпорядкована єдиній меті, що має чітко визначений початок і термін завершення і володіє властивістю унікальності [80].

Розглянемо представлення виробничої програми ремонтно-будівельної організації як неперервної послідовності проектів реконструкції інженерних комунікацій, що допускають таку постановку.

Нехай деякий проект T є множина $\{T_j\}$, $j = 1, \dots, N$, робіт (операцій), де N – загальна кількість ремонтних робіт.

Покладемо, що для кожної ремонтної роботи, як і для всього комплексу ремонтних робіт в цілому, необхідні наступні основні види ресурсів:

- фінансові (грош. од.);
- матеріальні (шт.) – різні види обладнання;
- часові (од. часу). Час вважається величиною неперервною.

Нехай тривалість кожної роботи T_j дорівнює d_j . Нехай також для виконання роботи T_j в загальному випадку потрібно $(M - 1)$ видів ресурсів.

Позначимо кількість ресурсу k , який використовується в кожен момент часу виконання роботи T_j , через r_{jk} .

Таким чином, кортеж

$$R_j = \{d_j, r_{j2}, \dots, r_{jM}\} \quad (3.9)$$

представляє обсяги часового, а також фінансових, матеріальних та інших видів ресурсів, необхідних в кожен момент часу для виконання роботи T_j в цілому.

Зауваження 3.3. Добуток ресурсів

$$r_{j2} \times \dots \times r_{jM} \quad (3.10)$$

визначає ресурсомісткість роботи T_j , $j = 1, \dots, N$.

Будемо далі вважати, що 2-й ресурс кількістю r_{j2} є фінанси, інші ресурси (в кількості r_{j3}, \dots, r_{jM}) – це різні типи обладнання.

Розглянемо етапи запропонованої концепції моделювання управління ресурсним потенціалом.

Перший етап концепції передбачає подання кожної ремонтної роботи як геометричного об'єкта в просторі ресурсів, при цьому в якості області розміщення виступає вся сукупність доступних ресурсів.

Для формалізації вихідної інформації про об'єкти та області розміщення в роботах [89, 90] введено поняття геометричної інформації.

Розглянемо деякий об'єкт розміщення T_i . Тоді геометрична інформація g_i про об'єкт T_i має вигляд:

$$g_i = (\{s_i\}, \{m_i\}, \{u_i\}), \quad (3.11)$$

де $\{s_i\}$ – сукупність просторових форм, що складають об'єкт T_i ;

$\{m_i\}$ – набір метричних характеристик, які визначають розміри точкових множин, що мають просторову форму $\{s_i\}$;

$\{u_i\}$ – параметри розміщення об'єкта T_i в області розміщення.

Зауваження 3.4. Усюди далі будемо вважати, що область розміщення та об'єкти розміщення мають кусково-постійну границю (рис. 3.3).

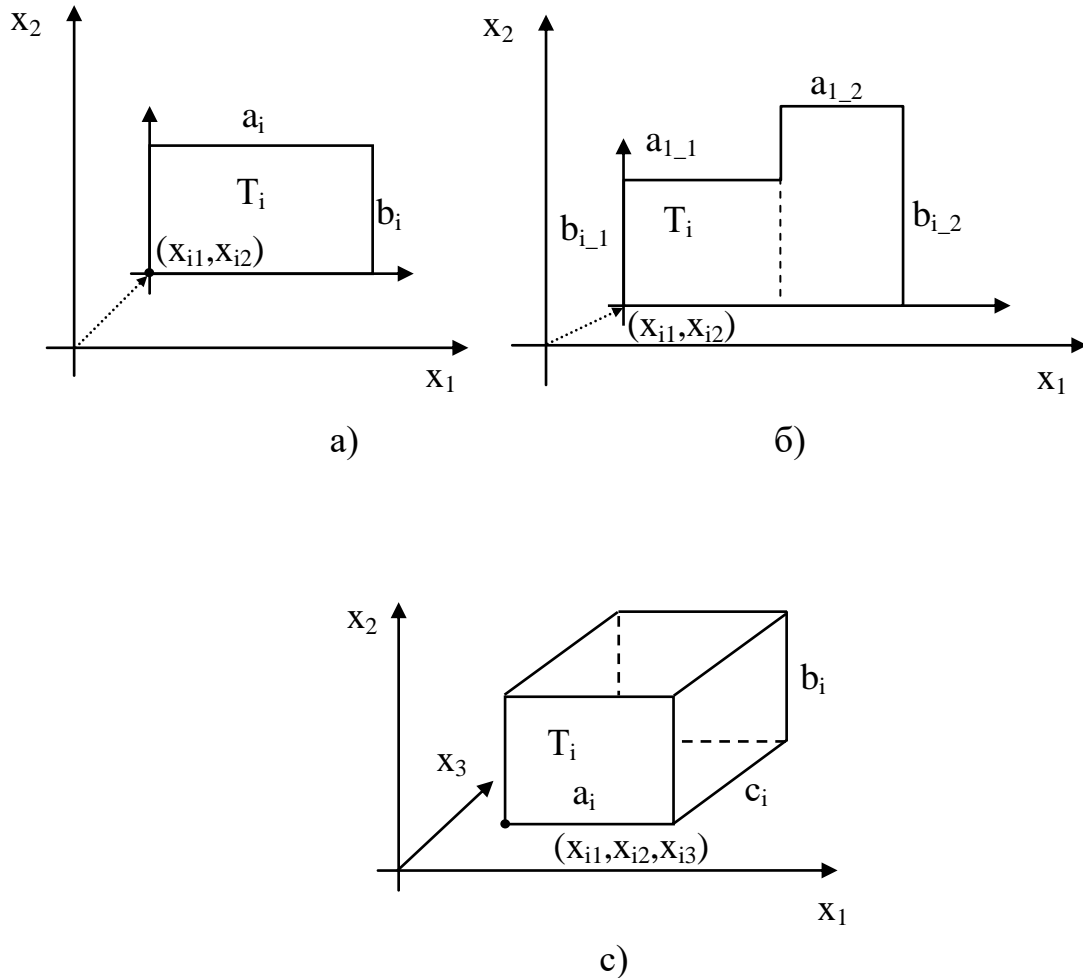


Рисунок 3.3. Просторові форми об'єктів розміщення з шматково-постійною границею

- а) $s_i = \langle \text{прямокутник} \rangle$,
- б) $s_i = \{s_{i_1}, s_{i_2}\} = \{ \langle \text{прямокутник} \rangle, \langle \text{прямокутник} \rangle \}$,
- с) $s_i = \langle \text{паралелепіпед} \rangle$

При цьому метричні характеристики $\{m_i\}$ об'єктів розміщення вважаються постійними.

Параметри розміщення u_i задають положення полюса O_i об'єкта T_i – центру власної системи координат (ВСК) об'єкта, причому $O_i \in \text{cl}T_i$, де $\text{cl}T_i$ – замикання точкової множини T_i .

Таким чином, якщо $\{T_i, T_0\} \in E^2$, де E^2 – арифметичний евклідовий простір розмірності 2, то кожен об'єкт T_i задається кортежем геометричної інформації $g_i(s_i, m_i, u_i)$ вигляду

$$s_i = \langle \text{прямокутник} \rangle, \quad m_i = (a_i, b_i), \quad u_i = (x_{i1}, x_{i2}).$$

У свою чергу, геометрична інформація $g_0(s_0, m_0, u_0)$ про область розміщення T_0 має вигляд:

$$s_0 = \text{«прямокутник»},$$

$$m_0 = (W, Z), \text{ причому } W - \text{const}, Z - \text{var},$$

$$u_0 = (0,0).$$

Іншими словами, в разі, якщо $T_0 \in E^2$, то T_0 – напівнескінченна смуга, і, отже, ми маємо класичну задачу прямокутного розміщення [108] (рис. 3.4).

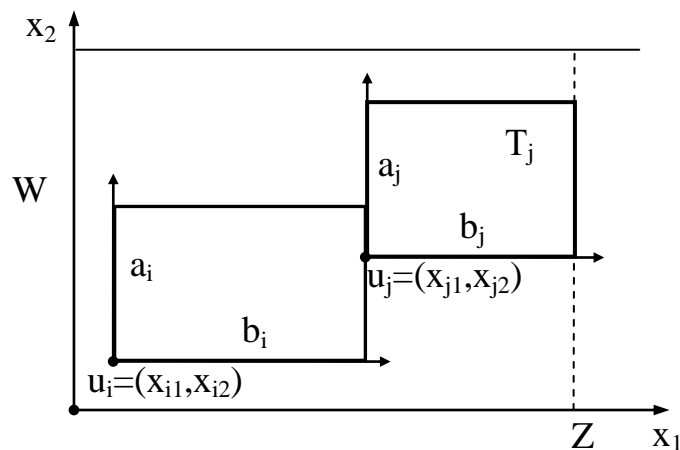


Рисунок 3.4. Геометрична інтерпретація постановки задачі прямокутного розміщення в просторі E^2

Якщо $\{T_i, T_0\} \subset E^3$, то кожен об'єкт T_i (рис.3.3с) задається кортежем геометричної інформації $g_i(s_i, m_i, u_i)$ вигляду:

$$s_i = \text{«паралелепіпед»}, m_i = (a_i, b_i, c_i), u_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}).$$

Геометрична інформація $g_0(s_0, m_0, u_0)$ про область розміщення $T_0 \subset E^3$ є такою:

$$s_0 = \text{«паралелепіпед»},$$

$$m_0 = (W, H, Z), \text{ причому } W, H - \text{const}, Z - \text{var},$$

$$u_0 = (0,0,0).$$

Іншими словами, T_0 – контейнер, і в цьому випадку ми маємо справу із задачею пакування (рис. 3.5) [126, 127, 154, 155, 159].

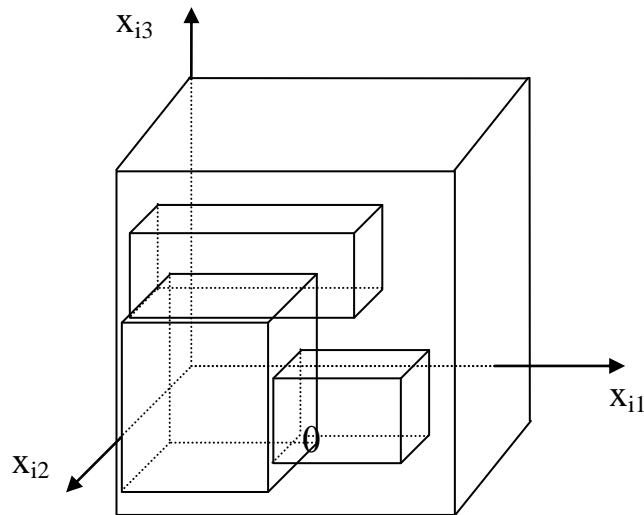


Рисунок 3.5. Геометрична інтерпретація постановки задачі розміщення в просторі E^3 – задачі пакування

У загальному випадку оптимізаційна задача прямокутного розміщення така. Нехай ϵ скінчений набір T_i , $i = 1, \dots, N$, об'єктів розміщення і область розміщення T_0 з кусково-постійною границею.

Необхідно розмістити множину об'єктів розміщення у області T_0 без взаємних перетинів так, щоб критерій якості $\Psi(u)$ досягав екстремального значення, тобто

знайти:

$$\Psi(u) \rightarrow \text{extr}_{u \in E^K}, \quad (3.12)$$

де $u = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ – вектор параметрів розміщення набору об'єктів (вектор незалежних змінних задачі (3.12)),

D – область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями виду

$$T_i(u_i) \subset T_0, \quad (3.13)$$

$$\text{int } T_i(u_i) \cap \text{int } T_j(u_j) = \emptyset, \quad i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j, \quad (3.14)$$

де $\text{int } T$ – множина внутрішніх точок об'єкта T_i .

Зауваження 3.5. Критерій (3.12) може бути векторним.

Розглянемо основні властивості області допустимих розв'язків D оптимізаційної задачі розміщення (3.12 – 3.14), враховуючи просторову форму об'єктів, що розміщуються.

Властивість 3.1. Багатогранна область D є незв'язною замкненою і при $N > 1$ неопуклою точковою множиною. Компоненти зв'язності області допустимих розв'язків D неопуклі, в загальному випадку багатозв'язні множини. Границя області $\Gamma = \text{Fr}D$ являє собою набір кусково-постійних різноманіть.

Властивість 3.2. Область D може бути представлена у вигляді об'єднання скінченної кількості опуклих підмножин:

$$D = \bigcup_{q=1}^Q D_q \quad (3.15)$$

де $D_q \subset E^K$ – опукла багатогранна множина, $Q = 4^{N(N-1)/2}$.

Властивість 3.3. Область допустимих розв'язків D є перетин двох точкових множин D^1 і D^2 (D^1, D^2) $\subset E^K$ більш простої структури:

$$D = D^1 \cap D^2, \quad (3.16)$$

де область D^1 задається умовами (3.13) розміщення в області, область D^2 визначається умовами (3.14) попарного взаємного неперетину об'єктів.

Зауваження 3.6. Усюди далі будемо розглядати задачі розміщення, в яких просторова форма s_i об'єкта розміщення T_i не змінюється в процесі розміщення. При цьому метричні характеристики m_i можуть змінюватися незалежно один від одного в деяких діапазонах.

Продовжимо розгляд першого етапу концепції моделювання управління ресурсним потенціалом ремонтно-будівельної організації на основі теорії оптимального розміщення, використовуючи введenu вище графічну модель ремонтної роботи.

З представлень (3.9), (3.10) випливає, що робота T_j , розглянута в M -мірному просторі ресурсів, графічно може бути представлена як M -мірна точкова множина з кусково-постійною границею – гіперпаралелепіпед T_j – в подальшому об'єкт, причому множина необхідних для роботи T_j ресурсів з урахуванням часу її виконання має вигляд:

$$m_j = \{d_j, r_{j2}, \dots, r_{jM}\} \quad (3.17)$$

Вектор m_j (3.17) – це вектор метричних характеристик геометричного об'єкта T_j , що моделює роботу T_j і визначає розміри графічної моделі T_j .

Зауваження 3.7. Величини r_{j3}, \dots, r_{jM} є цілочисельними і мають однакову розмірність.

Зауваження 3.8. Якщо для виконання роботи T_j немає необхідності застосовувати ресурс виду k , то відповідне значення $r_{jk}=0$ і об'єкт T_j має меншу розмірність.

Зауваження 3.9. Ресурсомісткість (3.10) роботи T_j чисельно дорівнює об'єму геометричного об'єкта T_j .

Розміщення об'єкта T_j , $j=1, \dots, N$, в просторі ресурсів визначається вектором координат $(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM})$, пов'язаним з деякою вершиною об'єкта T_j .

Нехай також в кожен момент часу в межах горизонту планування ремонтно-будівельна організація має в своєму розпорядженні фінансові ресурси і множину $\{R_3, \dots, R_M\}$ необхідних видів обладнання.

Прийmemo, що для кожного ресурсу R_k існує максимально допустиме значення \hat{R}_k , $k=2, \dots, M$, обумовлене можливостями ремонтно-будівельної організації. При цьому вважаємо, що в кожен момент часу протягом виконання проекту забезпечено рівномірне надходження кожного ресурсу \hat{R}_k , $k=2, \dots, M$.

Тоді величини $\{\hat{T}, \hat{R}_2, \dots, \hat{R}_M\}$ формують область розміщення T_0 в просторі ресурсів.

З кожною роботою T_j пов'язані початкова і завершальна події, які визначають моменти її початку і закінчення.

Важливою характеристикою проекту є наявність часткового впорядкування на множині робіт T виду $T_i \prec T_j$, $(i, j) = 1, 2, \dots, N, i \neq j$, визначене конкретною послідовністю виконання робіт (робота T_j безпосередньо слідує за роботою T_i). Відношення упорядкування задаються за допомогою мережевої моделі як ациклічного орієнтованого графа.

Відзначимо при цьому, що визначення послідовності робіт передбачає участь ОПР (у даному випадку – менеджера проекту), так як в практичних задачах таких послідовностей може бути декілька. Задача полягає у визначенні такого розподілу робіт у часі, при якому величина ресурсів кожного k -го виду на виконання робіт була б мінімальною [112, 117, 119].

Проведемо дослідження наступної постановки задачі. Припустимо, розглядається деякий проект T , що містить 4 роботи, тобто $N = 4$. В якості ресурсів розглянемо час \mathfrak{Z} , фінанси (R_2) і один вид обладнання (R_3), наприклад вантажний автомобіль. Покладемо ресурси необмеженими, тобто підприємство має більш ніж достатню кількість ресурсів для виконання робіт. Нехай також на множині робіт T задано відношення часткової впорядкованості:

$$\{T_1 \prec T_4, T_2 \prec T_3\} \quad (3.18)$$

і відповідна мережева модель представлена на рис.3.6.

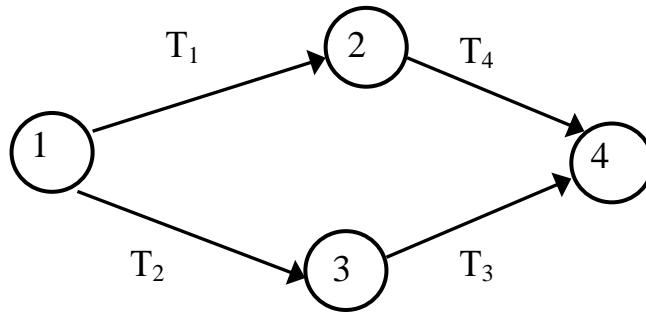


Рисунок 3.6. Реалізація відносини часткового упорядкування на множині робіт проекту T

Задача планування ресурсів розглядається в тривимірному просторі ресурсів. Осі координат відповідають певним типам ресурсів (рис. 3.7).

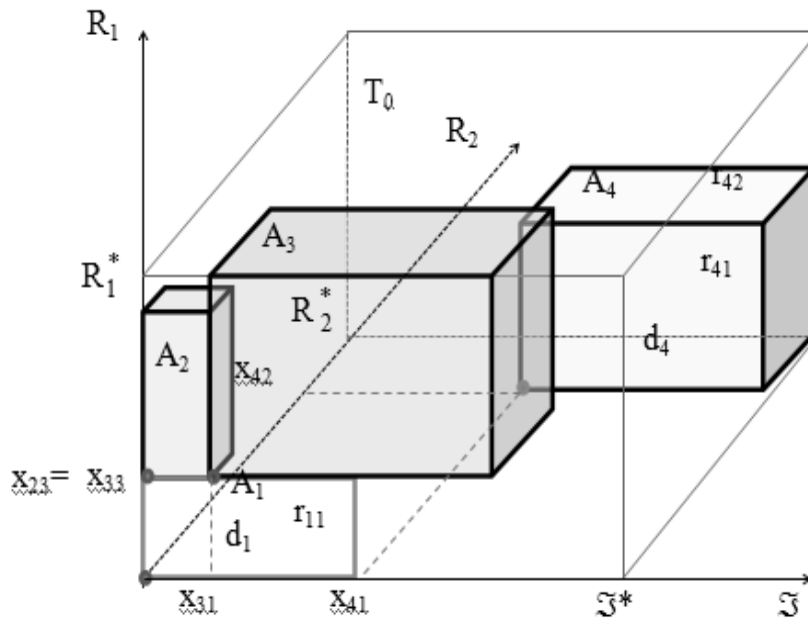


Рисунок 3.7. Розміщення робіт в просторі ресурсів з урахуванням пріоритетності фінансових ресурсів

Час Z вимірюється в періодах, необхідна кількість фінансового ресурсу – в грошових одиницях, співвіднесених з обраним масштабом по часовій осі.

В рамках даної постановки задачі допускається завдання пріоритетності для фінансових і матеріальних ресурсів. Залежно від того, який ресурс для ОПР, є більш значущим, можна отримати різні варіанти розміщення, і, відповідно, різні результати планування ресурсів.

Так, розміщення робіт в просторі ресурсів, що відповідає факту більшої пріоритетності фінансових ресурсів для ОПР, представлено на рис. 3.7.

Як показано на рис. 3.8, робота T_1 не використовує ресурс 3-го виду (в даному випадку (вантажний автомобіль)).

Тому метричні характеристики (розміри) відповідного графічного об'єкта T_1 визначаються як

$$m_1 = (d_1, r_{11}, 0),$$

і об'єкт T_1 трансформується в прямокутник (для простору розміщення E^3 об'єкт T_1 представляє собою ніде не щільну множину).

Розглянемо роботу T_4 . Для виконання даної роботи протягом d_4 періодів часу необхідні r_{42} грошових одиниць і r_{43} вантажних автомобілів.

Положення T_j в просторі ресурсів E^3 визначається вектором (x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}) , $j=1, \dots, 4$, пов'язаним з лівою нижньою ближньою вершиною об'єкта.

Згідно з умовами часткового впорядкування (3.18) щодо осі часу отримуємо альтернативне допустиме розміщення з таким самим критичним шляхом, показане на рис. 3.8.

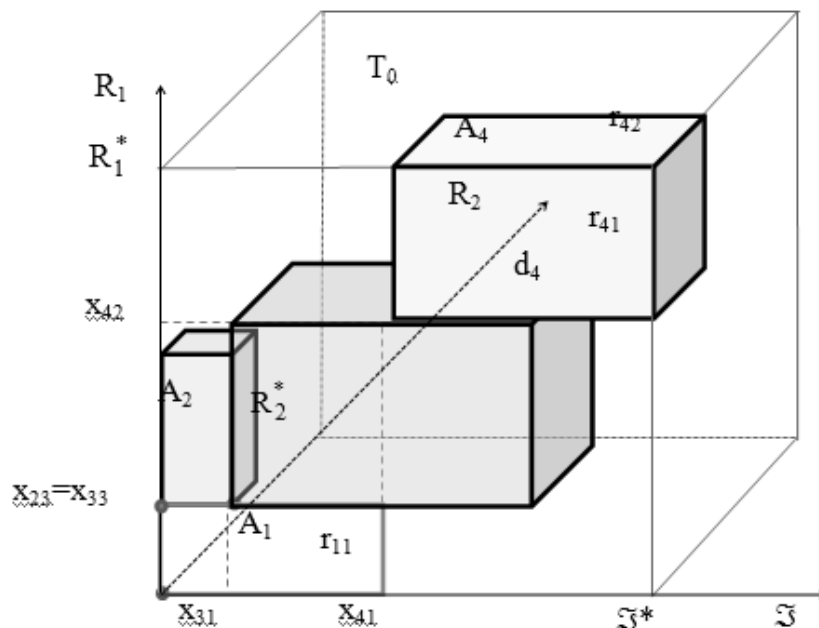


Рисунок 3.8. Розміщення робіт в просторі ресурсів з урахуванням пріоритетності обладнання

Відношення часткового упорядкування $T_1 \prec T_4$ реалізується як

$$x_{41} - (x_{11} + d_1) = 0,$$

тоді як відношення $T_2 \prec T_3$ має вигляд:

$$x_{31} - (x_{21} + d_2) = 0.$$

Роботи T_1, T_4 є критичними, тобто несвоєчасний початок хоча б однієї з цих робіт спричинить за собою збільшення тривалості виконання всієї виробничої програми (всього проекту робіт). Величина \mathfrak{Z}^* представляє собою довжину критичного шляху як безперервного ланцюжка критичних операцій, що зв'язують початок (початкова подія) і закінчення (кінцева подія) проекту.

Зауваження 3.10. Якщо для деякої задачі оптимального планування ресурсів проекту мають місце нерівності

$$\sum_{j=1}^N r_{jk} \leq \hat{R}_k, \quad k = 3, \dots, M, \quad (3.19)$$

то такі задачі належать до класу задач з необмеженими ресурсами.

Урахування такої особливості вихідної постановки задачі, як багатовимірність множини матеріальних ресурсів в математичній моделі можна забезпечити декількома способами. Для того, щоб не переходити до задачі більшої розмірності, область розміщення T_0 розглядається як складова у вигляді скінченної кількості $(M-2)$ шарів, кожен з яких відповідає конкретному типу k матеріального ресурсу.

Висота шарів визначається величинами $\{R_3, \dots, R_M\}$. При цьому шари впорядковані по зростанню номера ресурсу k . Висота області T_0 є сумою висот $(M-2)$ рівнів.

Тоді геометричний образ кожної роботи T_j у тепер уже тривимірному просторі ресурсів видається не звичайним паралелепіпедом, а об'єктом складної просторової форми, що представляє собою обмежену замкнену, в загальному випадку незв'язну точкову множину із кусково-постійною границею (скінчений набір паралелепіпедів).

Графічна модель роботи T_j приведена на рис. 3.9, де на площині $OR\mathfrak{Z}$ кожен прямокутник різного штрихування відповідає певному типу обладнання. Іншими словами, для виконання роботи T_j можуть використовуватися різні типи обладнання, які в площині матеріальних ресурсів розміщені не по порядку.

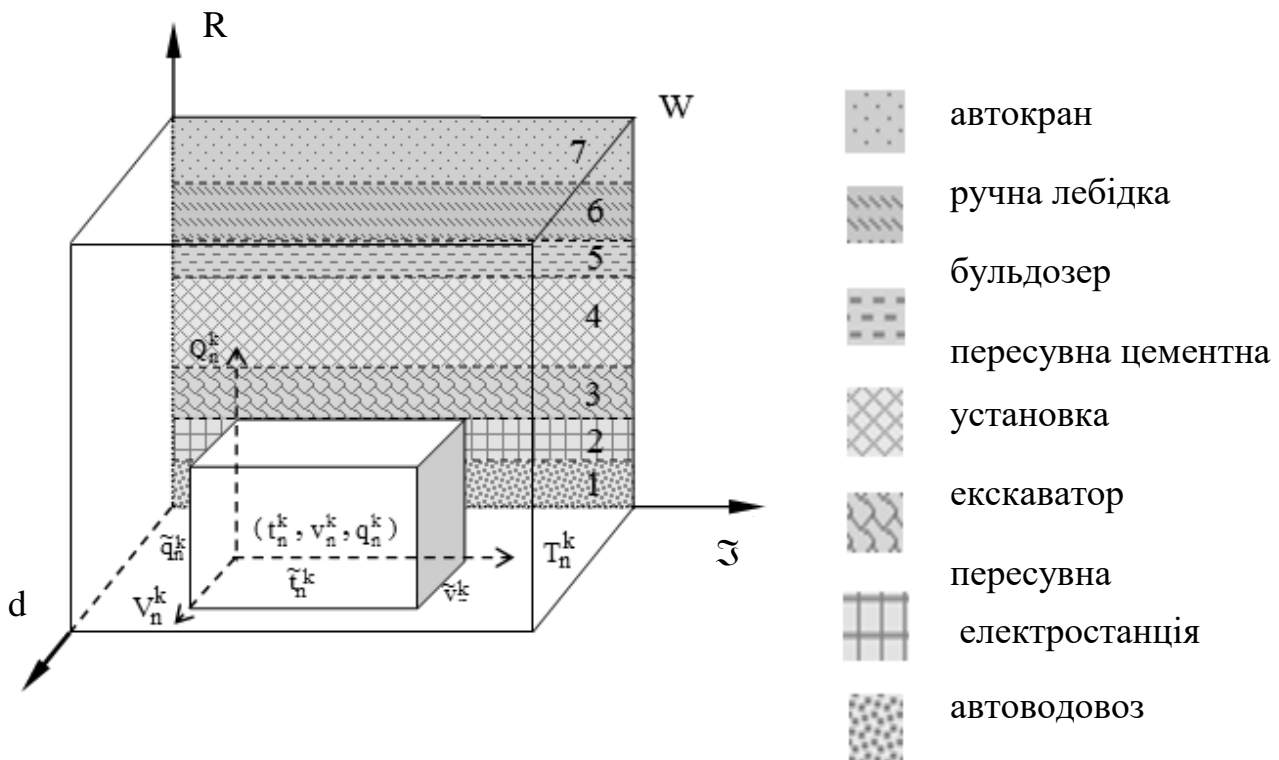


Рисунок 3.9. Подання роботи в області розміщення T_0

При цьому параметри тривалості роботи і величини фінансових ресурсів, необхідних для виконання даної роботи, є однаковими для кожної частини складного паралелепіпеда [120, 123].

Розглянемо задачу планування з $M = 6$ ресурсів. Нехай є робота T_j , що має наступні ресурсні характеристики виду

$$m_j = \{d_j, r_{j2}, r_{j3}, 0, r_{j5}, 0\} \quad (3.17)$$

Відповідний геометричний об'єкт T_j є незв'язною точковою множиною в 6-шаровій області розміщення T_0 (рис. 3.10), де кожен шар на площині $O\tilde{S}R$ відповідає обладнанню певного типу.

Наприклад, для виконання ремонту залізобетонного трубопроводу необхідне обладнання: R_3 – «автокран», R_4 – «ручна лебідка», R_5 – «пересувна цементна установка», R_6 – «пересувна електростанція».

Тоді (рис. 3.10) геометричний об'єкт, що графічно моделює роботу «ремонт залізобетонного водогону», яка потребує використання 4-го і 6-го ресурсів, буде складений з трьох паралелепіпедів, метричні характеристики яких, що відповідають часовому і фінансовому ресурсам, є однаковими.

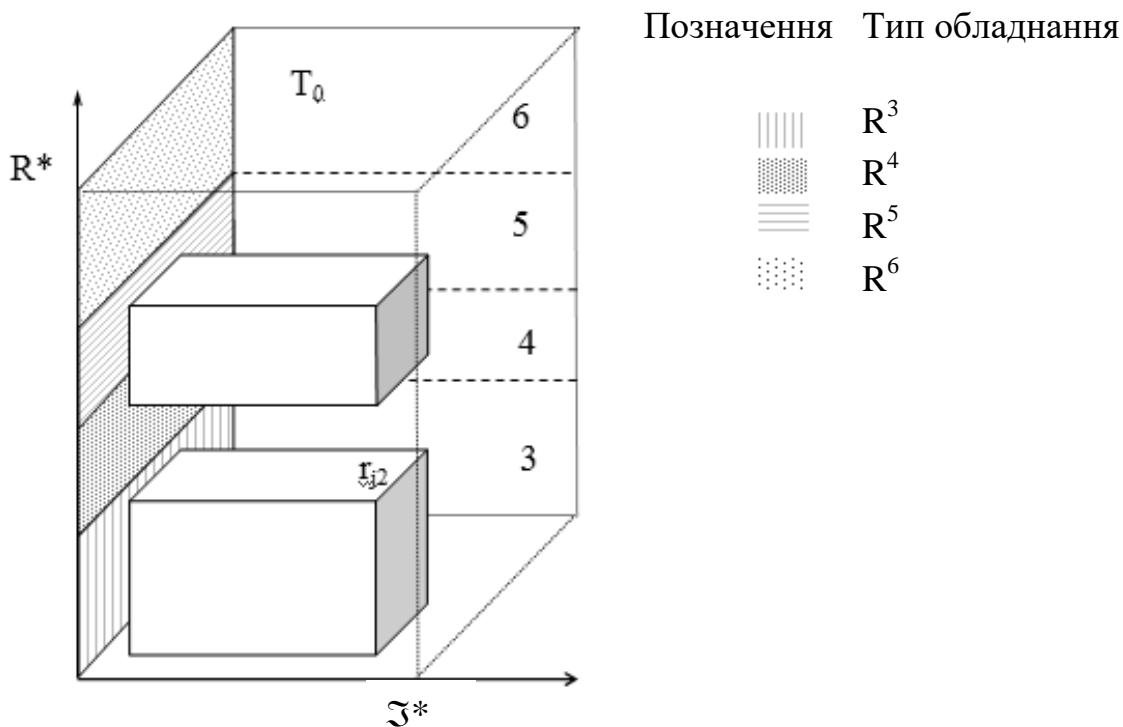


Рисунок 3.10. Геометричний об'єкт T_j , що представляє роботу T_j в області розміщення T_0

Таким чином, робота T_j графічно являє собою складений паралелепіпед в тривимірному просторі ресурсів.

Розглянемо наступні випадки.

Випадок 1. Робота T_j вимагає тільки один ресурс з множини допустимих ресурсів $\{r_{j3}, \dots, r_{jM}\}$. Це означає, що тільки одна компонента множини $\{r_{j3}, \dots, R_{jM}\}$ є ненульовою, тобто це скалярна характеристика.

Тоді об'єкт T_j є паралелепіпедом в просторі ресурсів.

Випадок 2. Більш ніж один тип обладнання необхідний для виконання роботи T_j . Тоді, в загальному випадку, робота T_j є незв'язною множиною паралелепіпедів, так званий складений паралелепіпед.

Визначення 3.2. Будемо називати роботу T_j неподільною, якщо тривалість і обсяг фінансування кожного її компонента однакові.

У разі якщо робота не є неподільною за *Визначенням 3.2*, то таку роботу завжди можна представити у вигляді об'єднання неподільних підмножин.

На другому етапі реалізації концепції застосовані інструментальні засоби моделювання задач оптимального розміщення, що дозволило розглянути задачу оптимального планування багатьох обмежених ресурсів різної природи як задачу розміщення геометричних об'єктів в заданій області.

З точки зору задачі процесу планування ресурсів проекту дана постановка (задача 3.12 – 3.14) означає найбільш ефективне використання ресурсів при мінімальному терміні виконання множини робіт.

Побудуємо аналітичний опис області допустимих розв'язків задачі розміщення (3.12 – 3.14), яка є похідною від задачі побудови оптимального плану виконання робіт при обмежених ресурсах РБО.

При цьому зважимо на

Зауваження 3.11. Набір нерівностей – це алгебраїчна структура, що складається з скінченної кількості нерівностей, допустимим розв'язком якої є точка з координатами, що задовольняють хоча б одній нерівності набору.

Умови розміщення геометричного об'єкта T_j в області T_0 означають виконання роботи T_j ресурсами організації.

У загальному випадку ці умови є такими:

$$T_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM}) \subset T_0, j=1, \dots, N. \quad (3.20)$$

Аналітичний вигляд умови (3.20) щодо ресурсів $k = 3, \dots, M$ набуде вигляду

$$\begin{cases} x_{jk} \geq \mathfrak{R}_k \\ \mathfrak{R}_k^* + \mathfrak{R}_k - x_{jk} - r_{jk} \geq \mathfrak{R}_k \end{cases}, \quad (3.21)$$

$$\text{де } \mathfrak{R}_k = \sum_{n=2}^{k-1} \hat{R}_n.$$

Аналітичний опис умови $T_j \subset T_0$ в цілому – це система лінійних нерівностей вигляду:

$$\begin{cases} x_{j1} \geq 0, l=1,2 \\ \hat{\mathfrak{S}} - x_{j1} - d_j \geq 0 \\ \hat{R}_2 - x_{j2} - r_{j2} \geq 0 \\ x_{jk} \geq \mathfrak{R}_k \\ \hat{R}_k + \mathfrak{R}_k - x_{jk} - r_{jk} \geq \mathfrak{R}_k \end{cases}, k=3, \dots, M. \quad (3.22)$$

Геометрично система (3.22) визначає гіперпаралелепіпед в просторі параметрів розміщення об'єктів.

Розглянемо інші природні обмеження. Роботи множини T не можуть використовувати один і той же ресурс одночасно (наприклад, вантажний

автомобіль з одними і тими ж номерами не може одночасно обслуговувати дві бригади, які працюють на двох віддалених об'єктах). Отже, мають місце умови взаємного попарного неперетину вигляду

$$\text{int } T_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}) \cap \text{int } T_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM}) = \emptyset, \quad (3.23)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j.$$

Аналітично ці обмеження, беручи до уваги форму подання роботи в просторі ресурсів, описуються набором лінійних нерівностей виду:

$$\left[\begin{array}{l} x_{j1} - x_{i1} \geq d_i \\ x_{i1} - x_{j1} \geq d_j \\ x_{j2} - x_{i2} \geq r_{i2} \\ x_{i2} - x_{j2} \geq r_{j2} \\ r_{jk} (x_{jk} - x_{ik}) \geq r_{jk} r_{ik} \\ r_{ik} (x_{ik} - x_{jk}) \geq r_{ik} r_{jk} \end{array} \right. , i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j; k=3, \dots, M. \quad (3.24)$$

Останні два обмеження набору (3.24) вимагають додаткових пояснень. Розглянемо ці обмеження з точки зору задачі планування ресурсів.

Можливі наступні дві ситуації. По-перше, роботи T_i , T_j можуть використовувати один і той же ресурс виду k . З іншого боку, будь-яка з робіт T_i або T_j , або обидві одночасно, може не використовувати ресурс виду k .

У загальному випадку, якщо при виконанні робіт T_i або T_j ресурс виду k не потрібний, то відповідні компоненти вектора m_i і/або m_j (3.17) дорівнюють нулю. Отже, в цьому випадку ці останні нерівності виконуються коректно.

Перевіримо інші можливі варіанти.

1. Якщо $r_{ik} = 0$, і $r_{jk} = 0$, тоді для обох обмежень маємо тотожність вигляду $0 = 0$.

2. Якщо $r_{ik} = 0$, і $r_{jk} \neq 0$, тоді:

для умови $r_{ik} (x_{ik} - x_{jk}) \geq r_{ik} r_{jk}$, отримуємо тотожність типу: $0 = 0$;

і для умови $r_{jk} (x_{jk} - x_{ik}) \geq r_{jk} r_{ik}$ отримуємо $r_{jk} x_{jk} \geq 0$, отже, ця умова теж виконується.

3. Якщо $r_{ik} \neq 0$, $r_{jk} = 0$, то для першої умови отримуємо $r_{ik} x_{ik} \geq 0$, а для другої результатом буде тотожність виду $0 = 0$.

4. Якщо $r_{ik} \neq 0$, $r_{jk} \neq 0$, то ми отримуємо необхідні (в сенсі перевірки умов неперетину робіт і їх графічних образів) умови $x_{ik} - x_{jk} \geq r_{jk}$, і

$$x_{jk} - x_{ik} \geq r_{ik}.$$

Умова часткового упорядкування означає, що робота T_ξ починається в момент закінчення роботи T_η , якщо має місце

$$T_\xi < T_\eta, \eta, \xi = 1, \dots, N, \text{ или } x_{\xi 1} - x_{\eta 2} - d_\eta = 0. \quad (3.25)$$

На практиці для переміщення і підготовки складного обладнання необхідно виділяти певний час. Назвемо його часовими зонами заборони, які мають вигляд

$$t_{k-\mu}, \quad k=3, \dots, M, \quad \mu \in \{1, 2, \dots, N\}.$$

Величини $t_{k-\mu}$ пов'язані з конкретною роботою μ , отже, є константами для певного типу обладнання k . Тоді перші два обмеження (3.24) набувають вигляду:

$$\begin{cases} x_{j1} - x_{i1} \geq d_i + \max_{k=3, \dots, M} (t_{k-j} f_{k-j}), \\ x_{i1} - x_{j1} \geq d_j + \max_{k=3, \dots, M} (t_{k-i} f_{k-i}). \end{cases} \quad (3.26)$$

Для побудови цільового функціоналу даної задачі введемо додаткові змінні \mathfrak{Z} , R_2 і R .

$$\mathfrak{Z} = \max_{j=1, \dots, N} (x_{j1} + d_j), \quad (3.27)$$

$$R_2 = \max_{j=1, \dots, N} (x_{jk} + r_{jk}), \quad (3.28)$$

$$R^{cr} = \sum_{i=1}^M \max_{j=1, \dots, N} (x_{ji} + r_{ji}). \quad (3.29)$$

Відзначимо при цьому, що мінімальне значення змінної \mathfrak{Z} визначає довжину критичного шляху виробничої програми.

Таким чином, цільовий функціонал $\Psi(u)$ даної задачі має вигляд:

$$\Psi(u) = \mathfrak{Z} \times R_2 \times R, \quad (3.30)$$

де $u = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1M}, x_{21}, \dots, x_{NM})$.

У загальному випадку оптимізаційна математична модель задачі така:

$$\text{найти: } u^* = \arg \min_{u \in \Xi \subset E^{\wp}} \Psi(u), \quad (3.31)$$

де функція мети $\Psi(u)$ задається виразом (3.30), а область допустимих розв'язків Ξ описується множиною обмежень (3.22), (3.24 - 3.26).

Загальна кількість ендогенних змінних розглянутої оптимізаційної задачі (3.31) $\wp = O(NM)$.

Відзначимо наступну важливу властивість задачі (3.31).

Функція мети (2.30) є нелінійною, тому задача (3.31) відноситься до класу багатовимірних оптимізаційних задач нелінійного програмування з незв'язною багатозв'язною областю допустимих розв'язків, що має кусково-постійну границю.

Задача (3.31) допускає наступну еквівалентну постановку як багатокритеріальна оптимізаційна задача вигляду

$$\min_{u \in \Xi \subset E^{\wp}} \{\mathfrak{J}, R_2, R\}. \quad (3.32)$$

Зауваження 3.12. Функція мети $\Psi(u)$ (3.30) може розглядатися як мультиплікативна згортка частинних критеріїв (3.27 – 3.29) оптимізаційної задачі (3.32).

3.3. Побудова мультипроектної моделі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства як оптимізаційної задачі розміщення

Розглянемо специфіку реалізації **другого етапу концепції** моделювання управління ресурсним потенціалом підприємства з урахуванням мультипроектної організації виробничого процесу.

У пп. 2.2 показано, що процес здійснення виробничої програми ремонтно-будівельної організації розглядається як виконання неперервної послідовності РБО певної тривалості, які в свою чергу, є скінченими впорядкованими множинами робіт. Таким чином, функціонування РБО носить дискретно-континуальний характер.

Попит на послуги ремонтно-будівельних організацій в сфері водопостачання та водовідведення визначає кількість ремонтних проектів N , які необхідно виконати протягом планового періоду в рамках здійснення

виробничої програми підприємства. Число проектів N разом з кількістю N_h ремонтних робіт в кожному проекті h , $h=1,2,\dots,N$, визначають розмірність області D задачі (3.31) або (3.32).

Отже, розглянемо задачу оперативного планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства «Харківводоканал», залишаючи в силі припущення, що планування виконується на термін $\hat{\mathfrak{T}} = 1$ рік.

Сформулюємо оптимізаційну задачу розподілу ресурсів на багатьох проектах $\{T_1, T_2, \dots, T_N\}$, де певний проект T_h є скінченою множиною робіт $T_h = \{T_{hj}\}$, $j=1,\dots,N_h$, $h=1,\dots,N$. Вважається, що в період d_{hj} виконання роботи T_{hj} вимагає $(M - 1)$ видів ресурсів. Тоді множина $R_{hj} = \{d_{hj}, r_{hj2}, \dots, r_{hjM}\}$ характеризує обсяг ресурсів, необхідних в кожен момент часу для виконання роботи T_{hj} , причому 2-й ресурс величини r_{hj2} моделює фінанси, інші ресурси $(3, \dots, k, \dots, M)$ – це різні типи обладнання.

Задача полягає в побудові оптимального розподілу обмежених ресурсів між роботами T_{hj} , $j=1,\dots,N_h$, $h=1,\dots,N$, які заплановані до виконання в заданому періоді часу (рис 3.11).

Таким чином, кожна робота T_{hj} , розглянута в M -вимірному просторі ресурсів, графічно представляється як M -мірний гіперпаралелепіпед T_{hj} , причому множина $m_{hj} = \{d_{hj}, r_{hj2}, \dots, r_{hjM}\}$ визначає розміри (метричні характеристики) графічної моделі роботи T_{hj} .

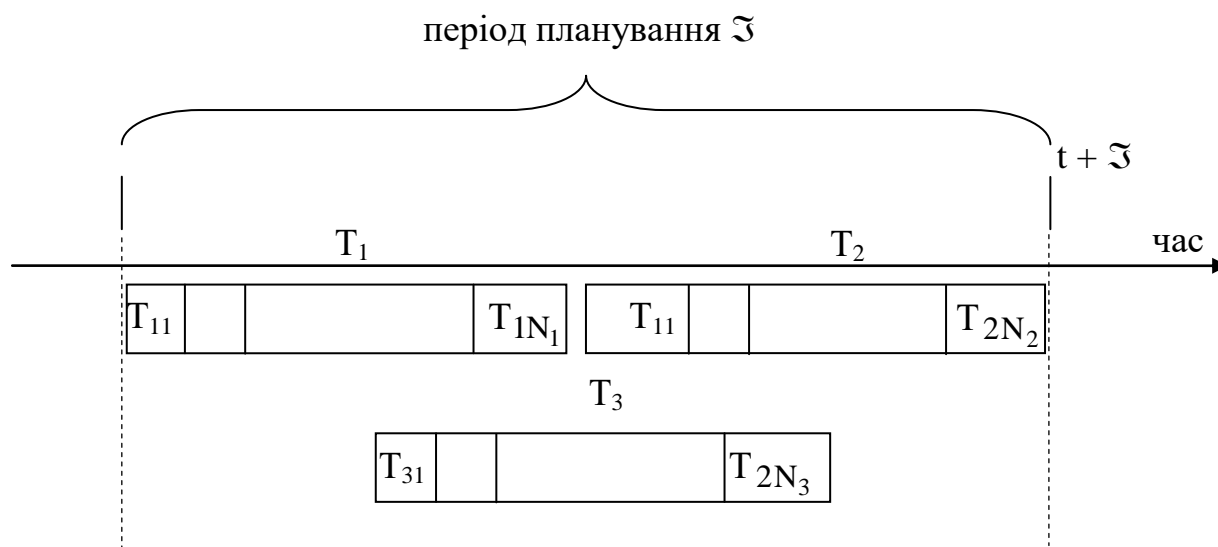


Рисунок 3.11. Процес функціонування ремонтно-будівельної організації

Положення кожної роботи T_{hj} , $j = 1, \dots, N_h$, $h = 1, \dots, N$, в просторі ресурсів визначається вектором $(x_{hj1}, \dots, x_{hjM})$, пов'язаним з визначеною вершиною

об'єкта T_{hj} , тобто вектор u незалежних змінних задачі у цілому має вигляд $u=(x_{111}, \dots, x_{hj1}, \dots, x_{hjM}, \dots, x_{HNM})$.

Область розміщення T_0 в просторі ресурсів E^M формується наступними обмеженнями. У кожен момент часу на виконання виробничої програми РБО, що подається як множина проектів $\{T_h\}$, $h=1, \dots, N$, в межах горизонту планування \hat{Z} виділені фінансові ресурси \hat{R}_2 і множина $\{\hat{R}_3, \dots, \hat{R}_M\}$ необхідних видів обладнання, величина яких визначається можливостями підприємства.

Ці значення задають метричні характеристики (лінійні розміри) області розміщення T_0 , просторова форма якої – гіперпаралелепіпед розмірності M .

Як і раніше важливою характеристикою кожного проекту ремонтних робіт як такого є наявність часткового впорядкування на множині робіт. Відношення впорядкування задається за допомогою мережевої моделі, представленої у вигляді ациклічного орієнтованого графа. Аналітично такі відносини можна задати у вигляді матриці суміжності.

Впорядкування на багатьох проектах $\{T_1, T_2, \dots, T_N\}$ визначається на основі врахування як технологічних обмежень і пріоритетів ОПР, так і з урахуванням сформованої практики господарювання.

Так, для проектів, які спрямовані на реконструкцію міських інженерних комунікацій, а саме проектів поточного та капітального ремонтів міських водоводів і водопровідних мереж, впорядкування ремонтно-будівельних проектів здійснюється за кількістю повторних дрібних поривів (аварій) і кількості води, яка втрачається в результаті витоків. Враховуються також витрати на подальший благоустрій території, тобто відновлення асфальтобетонного, грантового, щебеневого покриття і газонів. Необхідно також брати до уваги соціальний ефект діяльності РБО і враховувати величину суспільного резонансу, який може викликати невчасний або неякісний ремонт.

В даних припущеннях постановка основної задачі дослідження як оптимізаційної задачі розміщення має такий вигляд.

Необхідно розмістити набір проектів ремонтно-відновлювальних робіт T_h , $h = 1, \dots, N$, як множину геометричних об'єктів T_{hj} , $j = 1, \dots, N_h$, введених вище, без взаємних перетинів в області розміщення T_0 з метою мінімізації загального обсягу області. З точки зору задачі планування ресурсного потенціалу підприємства така постановка означає найбільш ефективне використання ресурсів при мінімальному терміні виконання проектів.

Умови розміщення об'єкта T_{hj} в області T_0 означають виконання даної роботи власними силами підприємства. Аналітичний опис даної умови – це система $F_0(u) \geq 0$ лінійних нерівностей виду:

$$\{x_{hjl} \geq 0; \hat{S} - x_{hjl} - d_{hj} \geq 0; x_{hjk} \geq 0; \hat{R}_k - x_{hjk} \geq r_{hjk}\},$$

$$k=2, \dots, M, j=1, \dots, N_h, h=1, \dots, H. \quad (3.33)$$

При виконанні роботи проектів не можуть використовувати один і той же ресурс одночасно. Аналітично це обмеження задається набором $F_{higi}(v) \geq 0$ нерівностей:

$$\langle x_{hjl} - x_{gil} \geq d_{gi}, x_{gil} - x_{hjl} \geq d_{hj}, x_{hj2} - x_{gi2} \geq r_{gi}, x_{gi2} - x_{hj2} \geq r_{hj}$$

$$r_{hjk} (x_{hjk} - x_{gik}) \geq r_{hjk} r_{gik}, r_{gik} (x_{gik} - x_{hjk}) \geq r_{gik} r_{hjk} \rangle,$$

$$i, j=1, 2, \dots, N, i \neq j; k=2, \dots, M, h, g=1, 2, \dots, H. \quad (3.34)$$

Умова часткового упорядкування (задається на множині робіт одного проекту) означає, що робота $T_{h\xi}$ починається в момент закінчення роботи $T_{h\eta}$, якщо має місце

$$T_{h\xi} \succ T_{h\eta}, \eta, \xi = 1, 2, \dots, N_h, \text{ или } x_{h\xi 1} - x_{h\eta 2} - d_{h\eta} = 0. \quad (3.35)$$

Обмеження (3.26), необхідні для урахування часу t_{hjk} , $j = 1, 2, \dots, N_h$, $h = 1, 2, \dots, H$, $k = 2, \dots, M$, переміщення і підготовки складного обладнання, яке в загальному випадку залежить не тільки від типу складної техніки, необхідної для виконання роботи, але і від віддаленості місця поточного проекту (комплексу ремонтних робіт) від місця (бази) постійної її дислокації.

Таким чином, величини t_{hjk} є невизначеними для конкретної роботи T_{hj} в цілому, хоча вони є константами для певного типу обладнання k .

Тоді перші два обмеження (3.31) на підставі (3.26) такі:

$$\begin{cases} x_{hjl} - x_{gil} \geq d_{gi} + (1 + \sigma) \max_{k=2, \dots, M} (t_{gjk} r_{gjk}), \\ x_{gil} - x_{hjl} \geq d_{hj} + (1 + \sigma) \max_{k=2, \dots, M} (t_{hik} r_{hik}), \end{cases} \quad (3.36)$$

де σ – деяке збурення.

Сформульована оптимізаційна задача планування ресурсів в мультипроектному середовищі є багатокритеріальною.

На **третьому етапі реалізації концепції** запропонована методика зведення векторного цільового функціоналу до одного або послідовності скалярних критеріїв в залежності від обраної базової методики розв'язання багатокритеріальних задач.

Введемо наступні додаткові змінні \mathfrak{S} , R_k , $k=2, \dots, M$,

$$\mathfrak{S} = \max_{j=1, \dots, N_h, h=1, \dots, H} (x_{hjl} + d_{hj}), \quad (3.37)$$

$$R_k = \max_{j=1, \dots, N, h=1, \dots, H} (x_{hjk} + r_{hjk}), \quad k=2, \dots, M, \quad (3.38)$$

аналогічні функціям (3.27-3.29).

Розглянемо векторний цільовий функціонал

$$\Psi(u) = \{ \mathfrak{S}, R_2, \dots, R_M \}, \quad (3.39)$$

який побудований на основі введення додаткових змінних (3.37), (3.38).

Базовими методиками розв'язання багатокритеріальних задач є:

– побудова множини Парето ефективних оцінок частинних критеріїв ефективності задач виду (3.39) з одночасним забезпеченням можливості визначення підмножини Парето-оптимальних рішень області допустимих розв'язків D ;

– зведення задачі в багатокритеріальній постановці до однокритеріальної (або набору однокритеріальних);

– побудова узагальненого критерію, який враховує всі частинні критерії з деякими ваговими коефіцієнтами і може приймати різний вигляд.

Отже, в якості скалярного критерію може виступати узагальнений критерій $\Psi^C(u)$, представлений у вигляді мультиплікативної згортки:

$$\Psi^C(u) = \lambda_1 \mathfrak{S} \times \prod_{k=2}^M \lambda_k R_k^{cr}, \quad \lambda_\mu > 0, \quad \sum_{\mu=1}^M \lambda_\mu = 1, \quad (3.40)$$

де $u = (v, \mathfrak{S}, R_2, \dots, R_M)$.

Тоді оптимізаційна математична модель має вигляд:

$$\text{знайти:} \quad \min_{u \in E \subset E^{\phi}} \Psi^C(u), \quad (3.41)$$

де функціонал $\Psi^C(u)$ задається виразом (3.40), а область допустимих розв'язків D визначається множиною обмежень (3.33 – 3.36) і додатковими обмеженнями

вигляду $\{\mathfrak{Z} \leq \hat{\mathfrak{Z}}; R_k \leq \hat{R}_k\}$, $k = 2, \dots, M$, причому розмірність простору незалежних змінних задачі становить $\wp = M(1 + \sum_{h=1}^H N_h)$.

Проведемо аналіз основних властивостей математичної моделі (3.39), що визначають методику її розв'язання:

– для багатогранної області допустимих розв'язків D задачі (3.39) справедлива властивість 3.1. Незв'язність області D виключає можливість безпосереднього застосування відомих методів лінійного програмування, незважаючи на лінійність функцій обмежень задачі і функцій частинних критеріїв ефективності;

– зважаючи на високу розмірність $\wp = M(1 + \sum_{h=1}^H N_h)$ простору параметрів задачі (3.39) гранично утруднено використання відомих методів цілочисельної оптимізації, що мають на увазі подальшу дискретизацію області допустимих рішень і подальше зростання розмірності задачі.

Таким чином, зазначені властивості задачі (3.39) зумовлюють необхідність розробки точних і наближених методів розв'язання побудованої оптимізаційної задачі, заснованих на застосуванні підходів, притаманних комбінаторній оптимізації, і таких, що враховують специфіку цільового функціоналу і обмежень задачі.

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. У розділі проведена формалізація і структурна ідентифікація динамічної функції попиту на послуги РБО КП при моделюванні процесу планування необхідного обсягу фінансових ресурсів. Дана функціональна модель може служити інформаційною базою прийняття рішення про надання інвестиційного кредиту підприємству при недостатності власної ресурсної бази.

2. Показано, що функція попиту в статичній постановці представляє собою суперпозицію детермінованої і стохастичної складових. Детерміновану складову попиту на послуги РБО визначають обсяги поточного і капітального ремонту, а стохастична складова попиту задається довжиною аварійних комунікацій.

3. Сформульована оптимізаційна задача планування ресурсного потенціалу РБО КП за умови, що ресурсний потенціал – векторна величина. Показано, що дана задача не є класичною задачею розміщення геометричних об'єктів, однак може бути сформульована (і вирішена) як оптимізаційна задача розміщення, що дозволяє моделювати роботи проекту як об'єкти розміщення, необхідні ресурси для виконання роботи – як метричні характеристики

(розміри) об'єктів, послідовність і умови часткової впорядкованості робіт проекту – як умови розміщення об'єктів в заданій області, яка формується в багатовимірному просторі ресурсів множиною ресурсних обмежень на виробничу програму РБО в цілому.

4. Показано, що представлена оптимізаційна задача розміщення є багатовимірною, причому розмірність задачі в мультипроектній постановці визначається як добуток наступних величин: кількості проектів, що підлягають виконанню в заданому горизонті планування, кількості робіт в кожному проекті, а також кількості ресурсів, необхідних для виконання кожної роботи.

5. Проаналізовано особливості цільового функціоналу сформульованої оптимізаційної задачі розміщення. Показано, що метою задачі є мінімізація загального обсягу області розміщення. З точки зору задачі планування ресурсів проекту дане положення означає найбільш ефективне використання наявних ресурсів при мінімальному терміні виконання множини робіт.

6. Запропонована еквівалентна багатокритеріальна постановка задачі планування ресурсного потенціалу як задачі оптимального розміщення геометричних об'єктів з шматково-постійною границею в заданій області розміщення.

7. Виділені і проаналізовані обмеження, що визначають область допустимих рішень оптимізаційної задачі розміщення. Показано, що область допустимих рішень формується: геометричними обмеженнями на розміщення об'єктів в області та умовами їх взаємного неперетинання, які відповідають умові виконання даної роботи в межах проекту і неможливості одночасного використання одного ресурсу двома роботами проекту; набором ресурсних обмежень, обумовлених можливостями підприємства; умовами часткової впорядкованості робіт проекту.

8. Розглянуто основні властивості області допустимих розв'язків оптимізаційної задачі розміщення, інваріантні до просторових форм об'єктів, що розміщуються. Показано, такі властивості області допустимих розв'язків задачі як багатовимірність, незв'язність, неопуклість виключають можливість безпосереднього застосування відомих методів неперервного і цілочисельного лінійного програмування до розв'язання задачі і обумовлюють необхідність модифікації наявних підходів арсеналу комбінаторної оптимізації.

РОЗДІЛ 4

ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА У МУЛЬТИПРОЕКТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Проведено впорядкування факторів впливу на форми і зміст виробничого процесу РБО КП у сфері водопостачання та водовідведення. Запропоновано класифікацію основних типів невизначеностей, які генеруються зовнішнім і внутрішнім середовищем підприємства. за умови розгляду виробничої програми підприємства в певному інтервалі планування як множини ремонтно-будівельних проектів, визначено інструментальні засоби математичного моделювання і розв'язання задач різних етапів управління обмеженими ресурсами РБО КП з урахуванням невизначеності. На етапі планування ресурсного потенціалу підприємства дані невизначеності моделюються як змінні характеристики робіт ремонтно-відновлювальних проектів підприємства.

Запропоновано точний і наближений методи розв'язання багатокритеріальної багатовимірної задачі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства в детермінованій і недетермінованій постановках як задачі оптимального розміщення. Побудована інфологічна модель інформаційно-аналітичної системи планування ресурсного потенціалу комунального підприємства у сфері водопостачання та водовідведення та здійснена її програмна реалізація.

4.1 Управління ресурсами комунального підприємства водопостачання з урахуванням невизначеності впливів зовнішнього і внутрішнього середовища

У підрозділ. 1.1 показано, що системи водопостачання та водовідведення мегаполісів є важливими сервісами сталого розвитку суспільства. Це характерно як для країн, що розвиваються [164, 165], так і для розвинених країн світу [166]. Так, в США система водопостачання є основним національним активом, який зараз оцінюється в 675 млрд. дол. [135]. Порушення неперервної роботи системи означає великі економічні та соціальні втрати. Не менш актуальна ця проблема в Україні, де 58% водопровідних мереж мегаполісів потребують негайної повної заміни. Аварійні та планові поточні і капітальні ремонти здійснюють ремонтно-будівельні організації комунальних підприємств. Тому підвищується значення ефективного функціонування ремонтних підприємств як з економічної, так і з соціальної точок зору.

З огляду на те, що в цілому ремонтне комунальне підприємство в сфері водопостачання є ресурсорієнтованим [148], першочерговою є задача

підвищення ефективності управління ресурсним потенціалом (матеріальними, фінансовими, трудовими та іншими видами ресурсів) підприємства з урахуванням невизначеності зовнішнього і внутрішнього середовища.

Управління ресурсами включає функції планування, в разі потреби – визначення джерел і організацію процесу надходження додаткових ресурсів, регулювання параметрів матеріальних і фінансових потоків шляхом мінімізації відхилення заданих (запланованих) параметрів від фактичних, яке може відбуватися як з об'єктивних, так і суб'єктивних причин, а також контроль над процесом управління матеріальними ресурсами.

Стратегія управління ресурсами визначається співвідношенням факторів, які генеруються зовнішнім (фактори, які суттєво впливають на підприємство, але мало залежать від прийнятих підприємством заходів) і внутрішнім (фактори, що визначають процес виробництва, якість продукції, структуру управління, економічний стан підприємства) середовищем підприємства.

Процеси відтворення основних фондів комунального підприємства водопостачання проходять під впливом економічних, соціальних, містобудівних, екологічних, технічних, архітектурних та інших факторів і вимагають комплексного підходу в процесі прийняття рішень в сфері ремонту об'єктів області. Дані фактори змінюються в часі, причому їх кількість збільшується в міру розширення потреб споживачів.

Виділимо основні фактори зовнішнього середовища підприємства, яким є регіональна соціально-економічна система (рис. 4.1). Фактори зовнішнього середовища не підконтрольні підприємству і включають фактори прямого та непрямого впливу [64].

Розглянемо зовнішні фактори, що впливають на розвиток комунального підприємства через суспільно-політичне середовище (політичні, міжнародні, соціальні). Серед них виділимо стратегічні і локальні чинники.

Стратегічними зовнішніми факторами забезпечення нормального функціонування підприємства виступають: законодавча база країни, економічна політика, яка включає податкову політику, демонополізацію, роздержавлення, тобто рівень державного регулювання діяльності підприємства, який нерозривно пов'язаний з формуванням сприятливого інвестиційного клімату.

До зовнішніх локальних факторів, які безпосередньо залежать від стратегічних, відносяться: матеріальна база (рівень інвестицій), стратегічне планування (стратегії маркетингу та реклами), управління.

Фактори прямого впливу містять: ресурсне забезпечення, вплив споживачів даної послуги, який здійснюється через засоби масової інформації, органи державної влади та через безпосередні звернення до керівництва комунального підприємства, а також правове забезпечення, інфляцію, інформаційне забезпечення (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Фактори впливу зовнішнього середовища на комунальне підприємство

Ресурсне забезпечення, як сукупність матеріальних, фінансових, трудових ресурсів, які необхідні для ефективного господарювання підприємства, характеризується якісними та кількісними показниками із зазначенням джерел отримання ресурсів і термінів їх надходження з урахуванням потреб підприємства для забезпечення запланованого обсягу робіт.

Велике значення має також апріорна внутрішньовиробнича інформація про ресурси, що необхідні для реалізації програм підприємства.

Закони та державні інститути, які складають законодавчу базу, що безпосередньо впливає на роботу комунального підприємства, вимоги органів

державного регулювання – всі ці складові характеризуються не тільки надмірною складністю в практичному застосуванні, але і динамічністю зміни. Значний вплив на стабільне функціонування підприємства має фаза економічного циклу, в якій перебуває економіка країни [97, 99].

Все більшу роль відіграє такий фактор як споживач, який встановлює підвищені вимоги до якості послуги.

Такий зовнішній фактор прямого впливу, як конкуренція, яка має важливе значення для функціонування комерційного підприємства в умовах ринку, не є визначальним для комунального підприємства.

Практика господарювання ремонтно-будівельної організації комунального підприємства водопостачання та водовідведення наступна.

Проекти ремонтно-відновлювальних робіт вартістю до 5 млн. грн. виконуються силами підприємства.

Проекти більшої вартості виносяться на тендер, який оголошується виконавчою владою міста. Таким чином, сфери діяльності чітко розподілені, тому виконавці проектів, які визначаються в результаті тендеру, є не конкурентами в прямому сенсі, а, скоріше, партнерами. Відзначимо при цьому, що організація-підрядник, яка виграла тендер, в подальшому під час виконання проекту несе всі ризики самостійно.

Проте, в рамках чинного законодавства динаміка сучасного суспільства така, що його підсистема – ремонтно-будівельна організація – все більше і більше занурюється в конкурентне середовище.

Тому в якості фактора впливу зовнішнього середовища на організацію потрібно врахувати рівень конкуренції на ринку будівельних послуг.

Відмітимо, що ще одним важливим фактором зовнішнього впливу на ритм роботи РБО КП водопостачання та водовідведення є сезонність робіт та погодні умови.

Розглянемо фактори внутрішнього середовища підприємства. Основними факторами внутрішнього середовища є: технології (в тому числі ступінь надійності технологічних процесів, рівень енергоспоживання, і т.п.), техніка (рівень фізичного і морального зносу виробничих фондів), організація ремонтно-будівельного виробництва, персонал підприємства, менеджмент робіт.

Розглядаючи персонал організації як внутрішній фактор, необхідно враховувати інтелектуальний потенціал людини, його психологічні і фізіологічні потреби, ставлення до технології, тривалість робочого дня, інші соціальні установки, серед яких – фактор престижності професії в суспільстві, наявність соціального пакету, рівень і заборгованість по зарплаті тощо.

Крім того, до множини внутрішніх чинників комунального підприємства водопостачання та водовідведення відносять обсяги непродуктивних втрат і витрат води, баланс кредиторської та дебіторської заборгованостей і т.п.

Комунальне підприємство, як частина регіональної соціально-економічної системи, впливає на зовнішнє середовище (рис. 4.2).



Рисунок 4.2. Фактори впливу комунального підприємства на зовнішнє середовище

Фактори впливу на зовнішнє середовище визначаються ефективністю функціонування комунального підприємства в цілому і його ремонтно-будівельної організації зокрема.

Всі наведені вище фактори впливу зовнішнього і внутрішнього середовища на діяльність комунального підприємства характеризуються тим або іншим ступенем невизначеності, яку необхідно враховувати при формуванні стратегічних і оперативних планів роботи.

Проведемо ідентифікацію типів невизначеностей зовнішнього і внутрішнього середовища комунального підприємства (рис. 4.3).

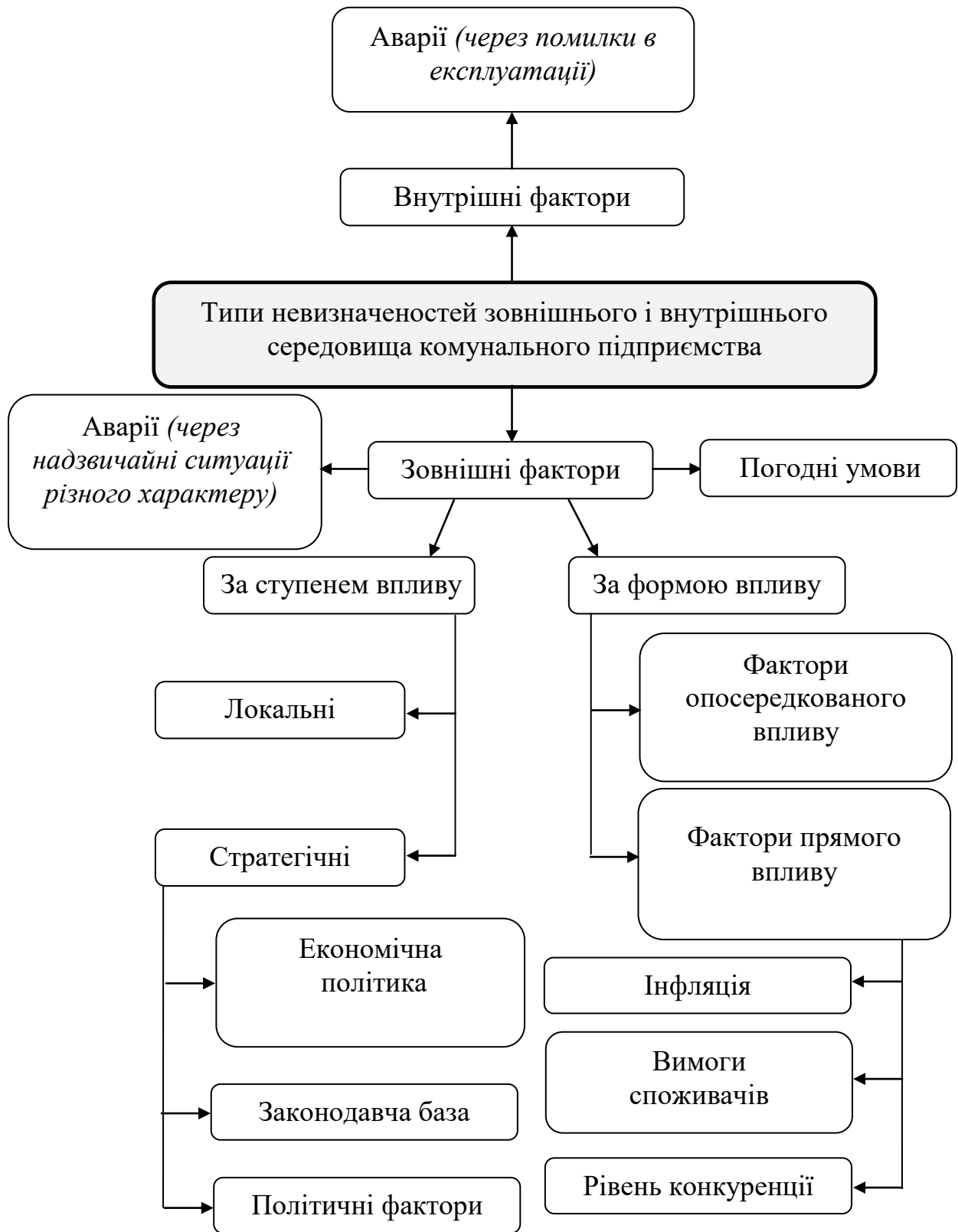


Рисунок 4.3. Класифікація типів невизначеності

Ця невизначеність впливає на форми і зміст виробничо-господарського процесу, а також на якість кінцевого результату. Викликані цими умовами невизначеності і ризику можна класифікувати за природою їх виникнення, тривалістю впливу та іншими характеристиками [122].

Серед управлінських заходів по зменшенню невизначеності можна виділити організаційні контрзаходи [103], а саме: ресурсозбереження, робота зі споживачами, боротьба з розкраданням води, форсування інвестиційних програм, здійснення антикризових заходів, організаційно-економічна реорганізація, використання нових управлінських технологій та інформаційно-оптимізаційних підходів, серед яких – розвиток функцій фінансового аналізу та економічного прогнозування, інформаційного забезпечення, теоретичного і методологічного фундаменту, створення систем підтримки прийняття стратегічних і оперативних рішень в області планування розподілу обмежених ресурсів підприємства в умовах невизначеності.

Одним із важливих заходів щодо зменшення невизначеності термінів виконання робіт і кількості необхідних ресурсів є резервування. Це засіб підвищення надійності роботи комунального підприємства введенням надлишкових ресурсів, тобто додаткових ресурсів понад мінімально необхідних для виконання виробничої програми підприємства. Так, нормативними документами, які регламентують складання кошторису проекту ремонтно-відновлювальних робіт інженерних комунікацій, визначено обов'язкове перевищення базового кошторису на 5% як плати за можливі ризики.

Світова практика господарювання визначає ефективність страхування як засобу управління ризиками і зменшення невизначеності. В розвинених країнах світу до 90% будівельно-монтажних робіт підлягає страхуванню, але в нашій країні цей підхід тільки починає розвиватися. На сьогодні науково-методичні принципи та джерела фінансування страхування будівельно-монтажних робіт ще не визначені.

Основним і найчастіше єдиним джерелом надходження фінансових ресурсів для РБО комунального підприємства є платежі населення і організацій. Цей вид забезпечення характеризується високим рівнем невизначеності через значні неплатежі населення, борги підприємств, великий податковий тягар, асинхронність тарифів на послуги водопостачання і цін на матеріально-технічні ресурси (особливо на електроенергію та паливно-мастильні матеріали), платоспроможність споживачів, яка постійно змінюється і ін.

В цілому всі розглянуті фактори впливають як на формування ресурсного потенціалу РБО комунального підприємства, так і на вибір проектів ремонтних робіт з множини заявлених. Від значень факторів зовнішнього і внутрішнього середовища залежить структура упорядкування проектів за термінами виконання, кількість і терміни виконання робіт проектів, величини

матеріальних і фінансових ресурсів, які необхідні для виконання кожної роботи множини проектів, запланованих на певний період. Узагальнено кажучи, множина вищезазначених факторів значною мірою впливає на формування екзогенних параметрів оптимізаційної моделі, як коефіцієнтів цільового функціоналу, так і коефіцієнтів функцій обмежень.

З точки зору формалізації зазначених типів невизначеностей існують два підходи: статистичний (імовірнісний), а саме – обробка часових рядів при наявності вихідних даних апріорних спостережень і достатній довжині часового ряду з метою виявлення законів розподілів, точкових і інтервальних оцінок, діапазонів зміни екзогенних параметрів моделі, а також експертне оцінювання при відсутності достатньої інформаційної бази.

Аналіз наявних формальних підходів до обліку невизначеності екзогенних параметрів на цьому етапі показав, що в даний час існує велика кількість різних методик [86, 104, 153]. В якості базових з урахуванням специфіки діяльності підприємства, наявної практики господарювання, управління ресурсним потенціалом підприємства визначені: методологія стохастичного програмування, інтервальний аналіз і сценарний підхід.

В рамках першого підходу вихідна задача зводиться при відповідних припущеннях до детермінованої екстремальної задачі, так званого детермінованого еквіваленту.

Для детермінованого еквіваленту визначається точний розв'язок.

Таким чином, на першому етапі реалізації даного підходу встановлюється попередній оптимальний план (задача виступає як детермінована, її розв'язок є вектором з детермінованими компонентами).

На другому і всіх наступних етапах розв'язання оптимізаційної задачі вихідний план коригується відповідно до реальних умов. На цих етапах, в залежності від ступеня невизначеності вихідної інформації, використовується непрямий метод стохастичного програмування.

Іншим методом урахування наведених типів невизначеності є інтервальний аналіз, ідеологічні принципи застосування якого для розв'язання задач оптимального розміщення реалізовані у вигляді окремої наукової дисципліни – інтервальної геометрії, досліджені в [60]. Моделі, методи, методики розв'язання задач розміщення, за умови, що екзогенні параметри задачі задані в інтервальному вигляді, формалізують можливість зміни параметрів у певному діапазоні.

Запропонована схема розв'язання добре узгоджується з прийнятою в практиці господарювання комунальних підприємств технологією управління обмеженими ресурсами підприємства.

В рамках наведеної концепції моделювання управління ресурсним потенціалом з використанням інструментальних засобів теорії оптимального

розміщення такі типи невизначеностей задаються можливістю зміни метричних характеристик об'єктів розміщення і області розміщення. При цьому в залежності від неформальної постановки можливі різні реалізації математичних моделей задачі оптимального розміщення прямокутних геометричних об'єктів із змінними метричними характеристиками. У разі наявності вимоги на збереження загального обсягу ресурсів, що виділяються на кожну роботу в даному горизонті планування, що означає постійність об'ємної характеристики графічної моделі роботи, метричні характеристики об'єктів пов'язані функціональними залежностями.

Якщо така вимога відсутня, метричні характеристики об'єктів можуть змінюватися незалежно в заданих діапазонах.

4.2 Розв'язання багатокритеріальної задачі управління ресурсним потенціалом підприємства в детермінованій постановці

Задача управління в якості невід'ємної складової включає оптимальний розподіл наявних ресурсів підприємства в рамках його виробничої програми на багатьох проектах ремонтно-відновлювальних робіт в заданому діапазоні планування. Побудова оптимального плану можлива тільки на основі застосування формальних інструментальних засобів планування, що включають економіко-математичну модель процесу планування і побудовані на її основі оптимізаційні методи отримання оптимального плану.

Аналіз сучасного інструментарію [74, 147, 161] моделювання та розв'язання задач оптимального планування ресурсів показав, що з математичної точки зору ці задачі в основному формулюються як задачі цілочислового програмування, в тому числі як задачі з бінарними змінними. Для розв'язання таких задач запропоновані методи, засновані на точних методах цілочисельного програмування, в тому числі застосовується базовий метод гілок і меж.

З огляду на той факт, що задача оптимального планування ресурсів належить класу задач неполіноміальної складності, так званих NP-складних задач, для їх розв'язання розроблений також цілий спектр евристичних підходів.

Однак питання оптимального планування ресурсів в мультипроектному режимі роботи в умовах навколишнього середовища, що динамічно змінюється, недостатньо розглянуті в науковій літературі. Серед нечисленних робіт можна вказати наступні [151, 170]. У даних роботах розвиваються підходи, засновані на побудові моделей цілочисельного лінійного програмування. Відзначимо, що запропоновані моделі цілочисельної оптимізації відрізняються великою

розмірністю, що обмежує ефективність використання точних і евристичних методів отримання оптимального розв'язку.

Аналіз економіко-математичної моделі основної оптимізаційної задачі дослідження визначив необхідність розгляду підходу до розв'язання задачі мультипроектного планування, заснованого на моделюванні задачі оптимального планування ресурсів як задачі оптимального розміщення геометричних об'єктів зі специфічними обмеженнями, що дозволяє здійснити подальший розвиток конструктивних методик розв'язання задач даного класу.

Отже, розв'язання детермінованої задачі планування оптимального використання обмежених ресурсів здійснюється на основі використання методології оптимізаційного геометричного проектування [89]. При цьому невизначеність завдання ресурсів робіт або зміну часу їх виконання можна інтерпретувати як змінність метричних характеристик об'єктів розміщення (робіт) в заданих інтервалах, причому особливістю постановки є те, що метричні характеристики об'єктів розміщення змінюються незалежно один від одного.

Розглянемо підхід до розв'язання задачі (3.33-3.36, 3.39), який полягає в трансформації багатокритеріальної задачі в однокритеріальну зі скалярним критерієм.

Розрізняють [49]:

- принцип головного критерію. Принцип базується на виділенні головного критерію і переведенні всіх інших критеріїв в обмеження. Для кожного з цих частинних критеріїв призначається граничне значення, нижче якого цей критерій не може опускатися;

- принцип послідовної оптимізації (лексикографічного впорядкування). Ідея цього методу полягає в трансформації багатокритеріальної оптимізаційної задачі в упорядковану послідовність однокритеріальних. Для цього всі приватні критерії ранжуються в порядку убуття важливості, тобто на множині критеріїв встановлюється лінійний порядок.

У цій послідовності проводиться розв'язання однокритеріальних оптимізаційних задач по кожному окремому частинному критерію.

Формування узагальненого скалярного критерію, що враховує всі різномірні частинні критерії. В цьому випадку єдиний скалярний критерій формується як функціонал частинних критеріїв:

$$\bar{K} = F[k_i(x)], \quad i = 1, n$$

де n – кількість частинних критеріїв якості розв'язку.

Це найбільш загальний і універсальний підхід до розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації, відомий як проблема багатofакторного оцінювання [49].

В даній роботі використовується другий підхід, а саме принцип лексикографічного впорядкування як концептуально близький ідеології, прийнятій в теорії планування ресурсного потенціалу підприємства на заданий період.

В якості першого в послідовності лексикографічно упорядкованих частинних критеріїв виступає час \mathfrak{Z} (3.37) виконання комплексу ремонтних робіт (час критичного шляху [167]).

Таким чином, задача (3.33-3.36, 3.39) може бути представлена у вигляді двоетапної послідовності наступних однокритеріальних задач:

Перший етап: задача 4.1.

Визначення критичного шляху \mathfrak{Z}^{cr} вигляду:

$$\mathfrak{Z}^{cr} = \min_{u \in \Xi \subset E^{\phi}} \mathfrak{Z}, \quad (4.1)$$

де область допустимих розв'язків Ξ описується обмеженнями (3.33 - 3.36).

Другий етап: задача 4.2.

Розв'язання задачі 4.2 складається з розв'язання впорядкованої множини скалярних задач мінімізації інших ресурсів (всього M таких задач) з функціями цілі (3.38) вигляду $R_k = \max_{j=1, \dots, N, h=1, \dots, H} (x_{hjk} + r_{hjk})$:

$$R_k^* = \min_{u \in \Xi^k \subset E^{\phi}} R_k, \quad k=2, \dots, M, \quad (4.2)$$

де область $\Xi^k \subseteq \Xi$ описується обмеженнями (3.33-3.36).

При цьому для задачі k -ої ітерації оцінки ресурсного потенціалу організації мають вигляд:

$$\hat{\mathfrak{Z}} = \mathfrak{Z}^{cr}, \quad \hat{R}_q = R_q^*, \quad q=2, \dots, k-1,$$

тобто система лінійних нерівностей (2.33)

$$F_0(u) \geq 0$$

має вигляд:

$$\{x_{hjl} \geq 0; \mathfrak{T}^{cr*} - x_{hjl} - d_{hj} \geq 0; x_{hjk} \geq 0; R_q^{cr} - x_{hjq} \geq r_{hjq}, \hat{R}_g - x_{hjq} \geq r_{hjq}\},$$

$$q=2, \dots, k-1, g=(k+1), \dots, M, j=1, \dots, N, h=1, \dots, H. \quad (4.3)$$

Зауваження 4.1. У практиці управління ресурсами [125, 129, 136, 140, 142, 157, 162] можливі два варіанти задачі (4.1):

Задача 4.1.1. $\hat{R}_q \rightarrow \infty, k=1, 2, \dots, M$, всі види ресурсів необмежені. У цьому випадку умова (3.33) описується системою лінійних нерівностей $F_0^\infty(u) \geq 0$, та містить $2M \sum_{h=1}^H N_h$ нерівностей, функції обмежень яких мають вигляд:

$$\{x_{hjk} \geq 0; \mathfrak{T} - x_{hjl} - d_{hj} \geq 0\},$$

$$k=2, \dots, M, j=1, \dots, N_h, h=1, \dots, H. \quad (4.4)$$

Така постановка задачі може мати місце, якщо підприємство має великий ресурсний потенціал, достатній для виконання виробничої програми в повному обсязі.

Задача 4.1.2. Деякі або всі оцінки $\hat{R}_q = \text{const} < \infty$, тобто умова (3.30) виконується у вихідній формі (задача з обмеженнями на допустимий обсяг ресурсів).

Зауваження 4.2. Задача 4.2 в науковій літературі називається задачею вирівнювання ресурсів [129].

Розглянемо наближений метод розв'язання послідовності задач 4.1, 4.2.

Підхід до розв'язання задачі (3.33-3.36, 3.39), що пропонується, містить в якості першого етапу розв'язання задачу планування ресурсів (4.1) підприємства в заданому горизонті планування \mathfrak{T} за умови необмежених ресурсів.

Відмітимо, що задача 4.1 в умовах заданого горизонту планування може бути сформульована як задача максимізації кількості виконаних проектів ремонтних робіт N і представлена в наступній постановці:

$$N^{cr} = \max_{u \in E^g} \quad (4.5)$$

де область допустимих розв'язків Ξ^g має перемінну розмірність: $g=6N^{cr}$, і визначається обмеженнями вигляду (3.33 - 3.36).

Імплементуємо задачу (4.1) наступним чином:

$$\mathfrak{Z}^{cr} = \min_{u \in \Xi \subset E^g} \max(x_{hjl} + d_{hj}). \quad (4.6)$$

Умови (3.35), що задають порядок розміщення об'єктів, значно скорочують множину можливих розміщень кожного об'єкта (роботи).

Аналіз властивостей задачі (4.6) показує, що в якості базового методу розв'язання на першому етапі досить розглянути метод оптимізації за групами змінних [89], а саме модифікований метод послідовно-одиначного розміщення.

Загальна ідея методу оптимізації за групами змінних стосовно до задачі розміщення така. Нехай ϵ множина об'єктів розміщення $T = \{T_i\}$, $i=1, \dots, N$, послідовність розміщення яких задається перестановкою їх номерів. Нехай також ϵ певна область розміщення T_0 .

В рамках даного підходу об'єкти розміщуються по одному в області розміщення згідно заданій перестановці їх номерів з дотриманням умов їх взаємного неперетину з раніше розміщеними об'єктами. Об'єкти, розміщені на попередніх ітераціях алгоритму, вважаються нерухомими, ще не розміщені об'єкти не беруться до уваги. В якості групи ендогенних змінних на кожному i -му кроці оптимізаційного алгоритму виступають параметри розміщення поточного об'єкта T_i .

В термінах даної задачі оптимального розміщення, інспірованої основною задачею планування ресурсів, реалізація загальної схеми методу оптимізації за групами змінних виглядає наступним чином [100, 134].

Розміщення поточного об'єкта T_i проводиться з урахуванням вимоги мінімізації зайнятої частини області розміщення T_0 .

Умова часткового впорядкування вигляду (3.35) задає перестановку номерів об'єктів, згідно з якою необхідно проводити розміщення. Іншими словами, ця умова впорядковує множину розміщуваних об'єктів за координатою x_{hjl} .

На кожній ітерації розв'язання задачі (4.6) розглядається задача

$$\mathfrak{Z}^{cr}(u_{hj}^*) = \min_{u_{hj} \in \Delta_{uncon}^j \subset E^{M+1}} \max(x_{hjl} + d_{hj}), \quad (4.7)$$

де область Δ_{uncon}^j має кусково-постійну границю і визначається обмеженнями

(3.33 - 3.36) з урахуванням незмінності параметрів розміщення об'єктів $T_{11}, \dots, T_{1N_1}, \dots, T_{h(j-1)}$ вигляду

$$T_{hj}(u_{hj}) \subset T_0, \quad (4.8)$$

$$\text{int } T_{hj}(x_{hj1}, \dots, x_{hjM}) \cap \bigcup_{k=1}^{j-1} \text{int } T_{hk}(x_{hk1}^*, \dots, x_{hkM}^*) = \emptyset, \quad (4.9)$$

$$\text{int } T_{hj}(x_{hj1}, \dots, x_{hjM}) \cap \bigcup_{p=1}^{h-1} \bigcup_{k=1}^{N_p} \text{int } T_{pk}(x_{pk1}^*, \dots, x_{pkM}^*) = \emptyset$$

Аналітичний опис умов (4.8) задачі 4.1 є система нерівностей (4.4).

Аналітичний опис умов (4.9) є структура нерівностей

$$\left[\begin{array}{l} x_{hj1} - x_{gi1} \geq d_{gi} \\ x_{gi1} - x_{hj1} \geq d_{hj} \\ x_{hj2} - x_{i2} \geq r_{gi2} \\ x_{gi2} - x_{hj2} \geq r_{hj2} \\ f_{hjk}(x_{hjk} - x_{gik}) \geq f_{hjk} r_{gik} \\ r_{gik}(x_{gik} - x_{hjk}) \geq r_{gik} f_{hjk} \end{array} \right. , \quad i, j = 1, 2, \dots, N, \quad i \neq j; \quad k = 2, \dots, M, \quad h, g = 1, 2, \dots, H. \quad (4.10)$$

Зауваження 4.3. Оптимальний розв'язок $u_{hj}^* = (x_{hj1}^*, \dots, x_{hjM}^*)$ задачі (4.6) досягається в деякій вершині області допустимих рішень Δ_{uncor}^j . Аналітичним описом вершини $u_{hj}^* = (x_{hj1}^*, \dots, x_{hjM}^*)$ є система $F^*(u)=0$ рівнянь така, що кожній незалежній змінній задачі 4.1 відповідає рівняння, що містить цю змінну з додатним коефіцієнтом.

Такий розв'язок може бути неєдиним. У загальному випадку є ціла множина V_j вершин, які мають однакові значення x_{hjk}^* , але різні значення x_{hjm}^* , $k=1, 2, \dots, <J$, $m=2, 3, \dots, M$.

Приклад 4.1. Нехай необхідно провести процес планування одного ресурсу на множині 4-х робіт $\{T_1, T_2, T_3, T_4\}$. Розглянемо фрагмент процесу розв'язання відповідної задачі розміщення (рис. 4.4).

Без втрати спільності будемо вважати, що розміщувані роботи належать одному проекту. Покладемо, що задано наступне впорядкування робіт: $T_1 \prec T_4$.

Нехай також на поточній ітерації розміщується об'єкт T_4 , тобто об'єкти T_1, T_2 і T_3 є розміщеними.

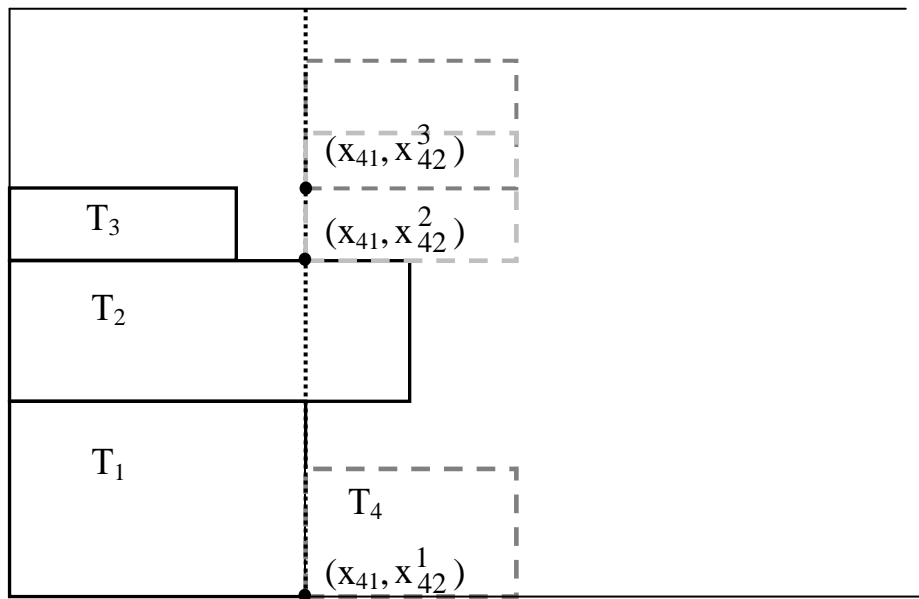


Рисунок 4.4 – Особливості розміщення поточного об'єкта T_4

Можливі положення об'єкта T_4 , що визначаються параметрами розміщення (x_{41}, x_{42}) з урахуванням відносин упорядкування, показані на рис. 4.4. штриховою лінією.

Іншими словами, параметр x_{42} може приймати одне із значень $\{x_{42}^1, x_{42}^2, x_{42}^3\}$. В роботі запропоновано здійснювати вибір цих параметрів, як розв'язання задачі

$$x_{hjk}^* = \min_{V_j} x_{hjmk}, k=2, \dots, M \quad (4.11)$$

Послідовність розв'язання задач (4.11) залежить від пріоритетності ресурсів.

Очевидно, на практиці можливі такі ситуації, що безпосередньо перед початком даної роботи T_{hj} необхідно виконати множину робіт, що складається більш, ніж з одного елемента.

Позначимо таку множину робіт через P_{hj} , тобто такі роботи задовольняють умову

$$T_{hj} \succ T_{wj}, T_{wj} \in P_{hj}.$$

В такому випадку необхідно встановити

$$x_{hjl}^* = \max_{y \in P_{hj}} (x_{hyl}^* + d_{hy}). \quad (4.12)$$

Розв'язок задачі (4.6) крім довжини критичного шляху для кожного з проектів ремонтних робіт і оцінки часу, необхідного для виконання всієї множини проектів T_h , $h = 1, 2, \dots, N$, визначає набір

$$T_h^{cr} = \{T_{h1}^{cr}, T_{h2}^{cr}, \dots, T_{h\bar{K}_h}^{cr}\}$$

критичних робіт кожного проекту ремонтних робіт T_h , сумарна тривалість яких для T_h дорівнює \mathfrak{Z}_h^{cr} , і множина некритичних робіт (які не належать критичному шляху)

$$T_h^{non-cr} = \{T_{h1}^{non-cr}, T_{h2}^{non-cr}, \dots, T_{hK_h}^{non-cr}\}, \quad \bar{K}_h + K_h = N_h.$$

разом з повними резервами часу FF_{hj}^{non-cr} для кожної з некритичних операцій T_{hj}^{non-cr} , протягом якого така некритична операція може бути виконана без збільшення критичного шляху проекту та тривалості виробничої програми ремонтно-будівельної організації в цілому.

Крім того, розв'язок задачі (4.6) дозволяє оцінити реальний обсяг ресурсів, необхідних для виконання проекту.

Якщо вектор оптимальних значень ендогенних змінних такий, що отриманий розв'язок

$$u^* = (u_{11}^*, \dots, u_{hj}^*, \dots, u_{NM}^*) = (x_{111}^*, \dots, x_{11M}^*, \dots, x_{hjl}^*, \dots, x_{hjM}^*, \dots, x_{hNM}^*)$$

задовольняє обмеження на величину наявних ресурсів \hat{R}_k , $k = 2, \dots, M$, то задача вирішена.

Якщо отримано оптимальний розв'язок $u^* \notin \Xi$, то необхідно розв'язати задачу 4.2 визначення допустимої точки $u_{доп}^* \in \Xi$ такої, що

$$\mathfrak{Z}^{cr}(u^*) - \mathfrak{Z}^{cr}(u_{доп}^*) \rightarrow \min. \quad (4.13)$$

Алгоритм розв'язання задачі 4.2 (задача другого етапу) також заснований на схемі методу оптимізації за групами змінних, однак необхідно врахувати такі доповнення.

1. Обмеження (3.35) часткового упорядкування робіт у рамках одного проекту при розв'язанні задачі 4.2 повинні розглядатися в ослабленій формі у вигляді нерівностей

$$T_{h\xi} \succ T_{h\eta}, \eta, \xi = 1, 2, \dots, N_h, \quad \text{або} \quad x_{h\xi 1} - x_{h\eta 2} - d_{h\eta} \geq 0. \quad (4.14)$$

2. Аналітичний опис умов (4.8) для задачі 4.2 задається системою лінійних нерівностей виду

$$\begin{cases} x_{hjl} \geq 0, \\ \mathfrak{S} - x_{hjl} - d_{hj} \geq 0, \\ x_{hjk} \geq 0, \\ \hat{R}_k - x_{hjk} \geq r_{hjk}, \end{cases} \quad ,k=2, \dots, M. \quad (4.14)$$

Отримана на попередньому етапі точка $(u^*, \mathfrak{S}(u^*))$ є початковою для ітераційного процесу розв'язання множини оптимізаційних задач другого етапу (задача 4.2 вирівнювання ресурсів).

Задача другого етапу є задача оптимізації використання (вирівнювання) ресурсів у часі з урахуванням певних критичних шляхів і резервів часу для некритичних операцій. Ці обмеження формують область допустимих значень

$$\Xi^{\text{non-cr}} \subset E^{\hat{\lambda}}, \quad \hat{\lambda} = (M+1) \sum_{h=1}^N K_h.$$

Вектор v ендогенних змінних формують параметри розміщення об'єктів, які моделюють некритичні операції.

Відзначимо, що при розв'язанні задачі 4.2:

- параметри розміщення об'єктів, що моделюють критичні операції, залишаються незмінними. Це означає, що умови взаємного неперетину пари об'єктів $(T_{hi}^{\text{cr}}, T_{gj}^{\text{cr}})$, $h, g = 1, 2, \dots, N$, виключаються з розгляду, зменшуючи кількість обмежень задачі;

- умови взаємного неперетину пари об'єктів $(T_{hi}^{cr}, T_{gj}^{non-cr})$, $h, g = 1, 2, \dots, N$, трансформуються в обмеження на розміщення в області T_0 для об'єкта $(T_{hi}^{cr}, T_{gj}^{non-cr})$, $j = 1, 2, \dots, K_g$, $g = 1, 2, \dots, N$;

- на параметри розміщення некритичних операцій накладаються інтервальні обмеження

$$x_{hjl}^{non-cr*} \leq x_{hjl}^{non-cr} \leq x_{hjl}^{non-cr*} + FF_{hj}^{non-cr} - d_{hj}, \quad (4.15)$$

де величина $x_{hjl}^{non-cr*}$ визначається за формулою (4.12), FF_{hj}^{non-cr} – величина повного резерву часу некритичної операції.

Зауваження 4.4. Для розв'язання задачі другого етапу – задачі вирівнювання ресурсів – може бути використаний як наближений метод оптимізації за групами змінних, так і точний метод гілок і меж, реалізований на множині некритичних операцій з урахуванням резервів часу, що дозволяє визначити її оптимальний розв'язок.

Розглянемо модифікацію точного методу розв'язання задачі (4.1) вирівнювання ресурсів.

На підставі властивості 2.4 задача (3.33 - 3.36, 3.39) навіть за умови наявності скалярної цільової функції належить до класу задач комбінаторної нелінійної оптимізації, що мають неполіноміальну складність. Загальна ідеологія розв'язання таких задач полягає в побудові дерева розв'язків, за яким упорядковується повний перебір підмножин області допустимих розв'язків задач, що мають більш просту структуру, і на кожній такій підмножині визначається локально-оптимальний розв'язок задачі.

Відсікання свідомо неприпустимих або неоптимальних підмножин здійснюється згідно набору правил відсікання.

Отже, розглянемо задачу 4.2 вирівнювання ресурсів і припустимо, що вирівнюванню підлягає ресурс R_k , $k \in \{2, \dots, M\}$.

Розглянемо реалізацію дерева рішень, яка передбачає побудову дерева рішень A – на основі формування множини систем лінійних рівнянь $\{F(u)=0\}$, що містять оптимальну систему рівнянь $F^*(u)=0$ (див. Зауваження 4.3.).

Ґрунтуючись на [61], побудуємо на системі лінійних рівнянь $F^*(u)=0$ (або, в еквівалентній записи, на системі рівнянь $f_k^*(u) = 0, k = 1, 2, \dots, M \sum_{h=1}^N K_h$)

бієкцію Ψ вигляду

$$\Psi : x_{hjl} \leftrightarrow f_k^*(u) = 0, f_k^*(u) \in \{x_{hjl} - x_{gi1} - d_{gi1} = 0, x_{hjl} = 0\}; \quad (4.16)$$

$$\Psi : x_{hjn} \leftrightarrow f_k^*(u) = 0, f_k^*(u) \in (x_{hjn} - x_{hin} - f_{hin}, x_{hjn}];$$

$$\Psi : Z \leftrightarrow f_k^*(u) = 0, f_k^* = R_v - x_{hvj} - r_{hvj}, \quad k = 1, 2, \dots, M \sum_{h=1}^N K_h.$$

Використання такого підходу при розв'язанні задачі вирівнювання ресурсів дозволяє побудувати дерево рішень А задачі, що має $M \sum_{h=1}^N K_h$ рівень – по числу незалежних змінних задачі – параметрів розміщення об'єктів розміщення, що моделюють некритичні операції.

Іншими словами, кожен з рівнів дерева рішень відповідає деякому змінному параметру розміщення некритичної операції.

По дереву рішень А реалізуються всі можливі системи рівнянь, в тому числі система $F^*(u)=0$.

На кожному поточному рівні дерева рішень до системи лінійних рівнянь, сформованої на попередньому рівні дерева рішень, додається обмеження виду (4.10) або (4.14), або перше з обмежень (4.15), що містить незалежну змінну, відповідну поточному рівню. Це обмеження стає активним, тобто обертається у рівність.

Обхід дерева рішень здійснюється наступним чином. Перш за все, досягається сама ліва нижня вершина дерева рішень, а потім виконується послідовний підйом по дереву рішень і спуск по суміжних гілках дерева.

Основні правила відсікання неперспективних вершин дерева рішень:

Правило відсікання 1. Перевірка умов взаємного неперетину поточного об'єкта з раніше встановленими об'єктами, що моделюють некритичні операції, і з нерухомими об'єктами, що моделюють критичні операції відповідних проектів ремонтно-відновлювальних робіт.

Правило відсікання 2. Перевірка можливого діапазону розміщення поточного об'єкта на підставі урахування розміру повного резерву часу (умова (4.15)).

Правило відсікання 3. Перевірка умов (4.14) розміщення в області розміщення T_0 (по параметру розміщення, відповідному поточному рівню дерева рішень А).

Правило відсікання 4. Перевірка умови часткового упорядкування робіт у рамках одного проекту.

Зауваження 4.5. Незважаючи на значну кількість рівнів дерева рішень, облік правил відсікання 2 і 4 виділяє для подальшого перегляду практично одну гілку дерева рішень А.

Таким чином, дерево рішень А, можна сказати, має псевдоблочну структуру, що дозволяє застосовувати пропонований підхід для розв'язання задач практичної розмірності.

4.3 Принцип побудови, структура і технологія функціонування спеціалізованої інформаційної системи планування ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання

Розглянемо характеристику програмних засобів управління проектами та планування ресурсного потенціалу підприємств.

Проектно-орієнтована структура роботи РБО комунального підприємства водопостачання дозволяє розглядати в якості можливої інформаційної технології розв'язання задач оптимального планування ресурсів програмні системи, наявні на ринку програмних продуктів управління проектами.

Основними програмними додатками, представленими на ринку систем управління проектами, є:

1) системи календарного планування:

- MS Project (розробник – фірма Microsoft) [71];
- Time Line (розробник - компанія Time Line Solutions) [70];
- SureTrak Project Manager (розробник – компанія Primavera) [69].

2) професійні системи управління проектами:

- Primavera Project Planner (розробник - компанія Primavera) [36];
- Open Plan (розробник – компанія Welcom Software Technology) [35];
- Spider Project (розробник – компанія «Технології управління «Спайдер»)

[68].

У табл. 4.1 проведено ранжування множини розглянутих програмних систем за основними критеріями ефективності.

Таблиця 4.1

Ранжування множини розглянутих програмних систем за основними критеріями ефективності

Критерій \ Система	MS Project	Time Line	SureTrak	P3	Open Plan	Spider Project
Навченість персоналу	1	1	1	0	0	1
Зручність інтерфейсу	1	0	1	1	1	0

Продовження Таблиці 4.1

Інтерактивний самовчитель	1	0	1	1	1	0
Функціональні можливості	0	0	0	1	1	1
Управління ризиками	0	1	0	1	1	1
Робота з великим числом проектів	0	1	1	1	1	1
Відкритість архітектури	1	1	1	1	1	0
Вартість ПО	1	1	1	0	0	0
Простота інсталяції 0	0	1	1	0	0	1
Моделювання доходів	0	0	0	1	0	1
Загальний бал	5	6	7	7	6	6

Основними задачами, алгоритми розв'язання яких представлені у відомих системах управління проектами, є:

- розробка розкладу виконання множини операцій проекту без урахування обмеженості ресурсів;
- розробка розкладу виконання множини операцій проекту з урахуванням обмеженості ресурсів;
- визначення критичного шляху і резервів часу виконання операцій проекту;
- визначення потреби проекту у фінансуванні, витратних матеріалах і обладнанні;
- визначення розподілу в часі завантаження поновлюваних ресурсів;
- аналіз множини можливих ризиків і планування розкладу з урахуванням ризиків;
- аналіз відповідності процесу виконання проекту плановим показникам;
- аналіз відхилень ходу робіт від запланованого і прогнозування основних параметрів проекту.

Систематизація найбільш популярних програмних систем управління проектами, які займають значну частку ринку відповідного програмного забезпечення, представлена в табл. А.1 (Додаток А).

Аналіз переваг і недоліків представлених програмних систем показує, що проблеми забезпечення планування ресурсів в багатопроєктному середовищі,

висока розмірність практичних задач планування, необхідність врахування обмежень за кількістю планованих ресурсів, відсутність зручного інтерфейсу, недостатність коштів підтримки структурування первинної інформації, високі вимоги до апаратного забезпечення, низький рівень автоматизації розв'язання задач оптимізації – всі ці питання залишаються невирішеними і для і сучасного програмного забезпечення.

При побудові програмного забезпечення розв'язання задач планування і регулювання ресурсного потенціалу комунального підприємства водопостачання та водовідведення необхідно враховувати такі основні специфічні особливості.

По-перше, це необхідність організації передачі даних з програмного комплексу АВК-5, а також програмного комплексу «Будівельні технології – Кошторис», ред. 7.7.10, який застосовується в КП «Харківводоканал» для розрахунку локальних кошторисів проектів ремонтних робіт.

По-друге, це необхідність організації роботи в програмному середовищі інформаційно-аналітичної системи управління технологічними процесами водовідведення [28], яка включає різні типи систем автоматизації: системи управління базами даних, (СУБД), геоінформаційні системи (ГІС), системи управління технологічними процесами, офісні системи.

Клієнт-серверна архітектура наявного програмного забезпечення забезпечує централізований збір, зберігання і обробку інформації, і набір клієнтських програмних модулів, що виконують різні функції по введенню, аналізу та наданню інформації користувачам.

Серверна частина програмного забезпечення розташовується на центральному сервері, а набори клієнтських програм розміщені на робочих станціях. Набори клієнтських модулів формуються в залежності від потреб користувача.

Основними є наступні модулі:

- геоінформаційна довідково-пошукова система;
- система збору оперативної інформації та керування насосними станціями (автоматизоване робоче місце (АРМ) оперативного чергового каналізаційних насосних станцій);
- система ведення журналів заявок і виконання робіт центральної диспетчерської служби (АРМ оперативного чергового каналізаційних мереж);
- система ведення журналів планово-попереджувальних і ремонтних робіт на районних експлуатаційних ділянках (РЕД) (АРМ оперативного чергового РЕД).

По-третє, це необхідність забезпечення властивостей відкритості та адаптивності проектованої програмної системи в умовах, що динамічно змінюються, інформаційного середовища підприємства.

По-четверте, це необхідність наявності дружнього інтерфейсу, орієнтованого на професіонала в сфері водопостачання та водовідведення.

По-п'яте, це необхідність врахування конфігурації існуючої локальної мережі підприємства. КП «Харківводоканал» має власну корпоративну комп'ютерну мережу з виділеним сервером і набором робочих станцій, розташованих в різних підрозділах. Корпоративна мережа підприємства побудована на базі виділених каналів, комутованих каналів і радіоканалів.

Інфологічна модель інформаційно-аналітичної системи, представлена на рис. 4.5, складається з системної та функціональної частин.

Системна частина включає в себе блок введення даних з можливістю завдання і модифікації характеристик і порядку виконання робіт, що задається таблично і за допомогою графової моделі з можливістю інтерактивного коригування, а також блок візуалізації і збереження отриманих результатів.

Функціональна частина включає процедури обробки первинних даних про проекти ремонтних робіт, про характеристики ресурсів, про впорядкованість робіт, процедури параметричної ідентифікації для математичної моделі задачі планування ресурсів як оптимізаційної задачі розміщення в детермінованій і інтервальній постановках.

Реалізовано два режими функціонування системи: режим адміністратора і режим користувача. Режим адміністратора передбачає функції оновлення та відновлення вмісту системи (як функціональної частини, так і блоку нормативної документації).

Програмне забезпечення включає графічний інтерфейс користувача, базу даних параметрів виконаних ремонтів і замовлень на поточний і перспективний період. Крім того, системна частина містить програмну підтримку роботи з документами MS Excel як зовнішнього застосування з використанням OLE-сервера.

Програмна реалізація методу розв'язання здійснена в середовищі візуального програмування Borland Delphi 7.0, мова програмування Object Pascal 6.0. Файли вихідних даних і довідкової документації створені в стандартному редакторі текстових документів Windows Notepad.

Наведемо методику реалізації запропонованого підходу на вирішенні модельної задачі

Розглянемо задачу оптимального планування проекту робіт при необмежених матеріальних ресурсах.

Нехай виробнича програма містить один проект T ($H = 1$), що складається з 10-ти робіт: $T = \{T_i\}$, $i = 1, 2, \dots, 10$. Для кожної з робіт T_i визначені її тривалість d_i (час) і необхідний обсяг фінансового ресурсу g_i (фінанси).



Рисунок 4.5. Інфологічна модель інформаційно-аналітичної системи для прийняття рішень в управлінні ресурсним потенціалом

На рис. 4.6. представлений інструментарій введення вихідних даних задачі.

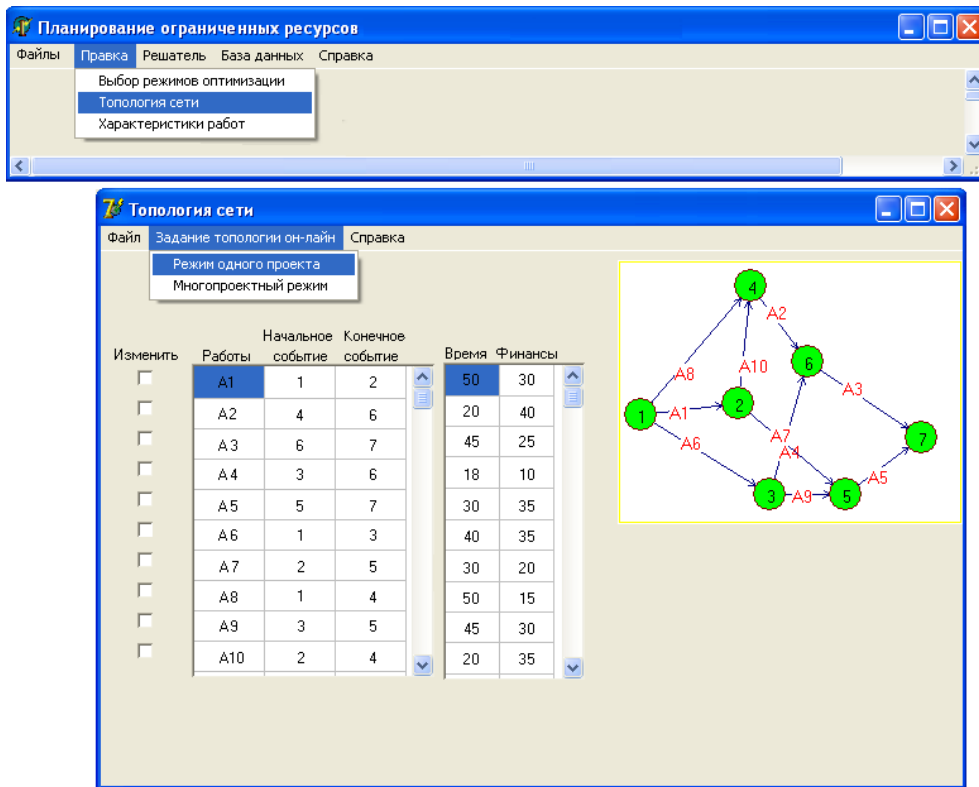


Рисунок 4.6. Инструментарій введення вихідних даних задачі

На рис. 4.7 представлена програмна реалізація методу розв'язання поставленої задачі оптимального планування ресурсів проекту.

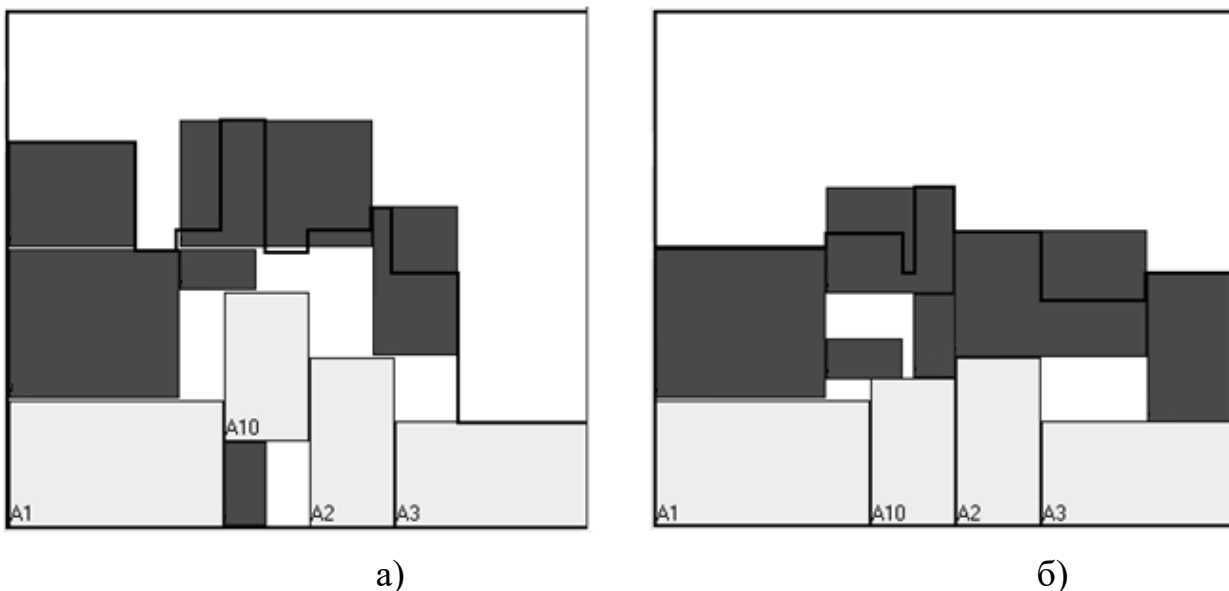


Рисунок 4.7. Програмна реалізація методу розв'язання задачі оптимального планування ресурсів проекту

- а) розв'язання задачі першого етапу (визначення критичного шляху),
- б) розв'язання задачі другого етапу (вирівнювання фінансового ресурсу з урахуванням резервів часу некритичних операцій)

На рис. 4.7 а) показано розв'язання задачі виду (4.1) побудови критичного шляху, що визначає оптимальний час виконання виробничої програми при необмеженому фінансовому ресурсі. Тут світлим кольором виділені критичні операції, що складають критичний шлях програми. Неперервною чорною лінією показано рівень фінансового ресурсу, необхідний в кожен момент виконання проекту.

На рис. 4.7 б) показано розв'язання задачі (4.12) вирівнювання фінансового ресурсу. Відзначимо при цьому, що параметри розміщення критичних операцій залишилися незмінними.

Ускладнимо постановку даної задачі планування ресурсів, ввівши багатозадачність ресурсів (рис. 4.8а). Нехай тепер кожна ремонтна робота T_i крім тривалості d_i і необхідного обсягу фінансового ресурсу r_{i2} характеризується в загальному випадку трьома видами ресурсів (складна техніка): r_{i3} (Res1), r_{i4} (Res2), r_{i5} (Res3). При цьому деякі роботи не використовують певні типи ресурсів, що в таблиці потреб ресурсів (рис. 4.8а) відзначено «0».

Отже, задача планування ресурсного потенціалу в даній постановці інспірує 3D задачу оптимального розміщення в «пошаровій» області розміщення.

На рис. 4.8б приведена проекція розв'язку задачі 4.1 розміщення об'єктів без обмежень на ресурси на площину ресурсів $\mathcal{ZOR}_{3,4,5}$. Різні види ресурсів підсвічені відповідним кольором.

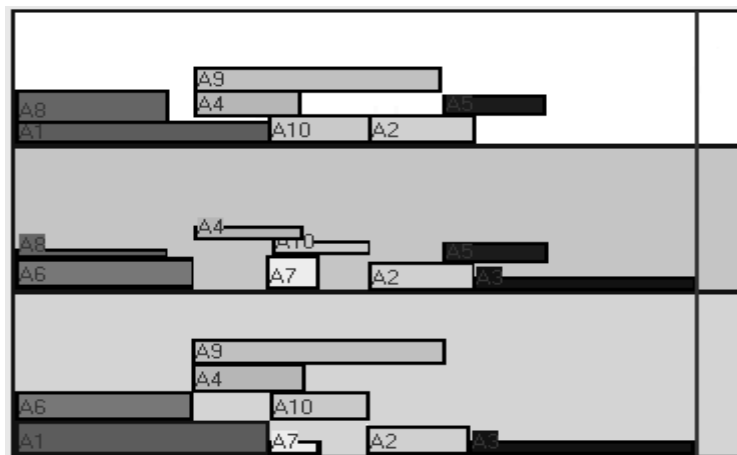
Розглянемо стратегію реалізації функцій регулювання і контролю використання ресурсного потенціалу. Запропонований комплекс інструментальних засобів підтримки функцій планування і визначення необхідних обсягів додаткових ресурсів (рис. 4.5) може розглядатися як основа реалізації функцій регулювання кількості матеріальних, фінансових, трудових ресурсів шляхом мінімізації відхилення заданих (запланованих) параметрів від фактичних, а також контролю процесу використання ресурсів.

Ці функції управління тісно пов'язані, так як регулювання передбачає наявність плану використання ресурсного потенціалу на заданий період часу, а планування може розглядатися як метод регулювання.

Функція регулювання ресурсного потенціалу КП і його підсистеми – РБО, в умовах нестабільності зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства передбачає реалізацію цілеспрямованих заходів на регіональному (і національному) рівні в поєднанні з системою заходів на рівні підприємства. На регіональному рівні такі заходи включають реалізацію державного адміністративно-правового і бюджетно-фінансового впливу, спрямованого на попередження і подолання кризових явищ в процесі функціонування КП.

Изменить	Работы	Начальное	Конечное	Время	Финансы	Res 1	Res 2	Res 3
		событие	событие			Res 1	Res 2	Res 3
<input type="checkbox"/>	A1	1	2	50	30	7	0	3
<input type="checkbox"/>	A2	4	6	20	40	4	4	4
<input type="checkbox"/>	A3	6	7	45	25	2	2	0
<input type="checkbox"/>	A4	3	6	18	10	6	3	6
<input type="checkbox"/>	A5	5	7	30	35	0	3	3
<input type="checkbox"/>	A6	1	3	40	35	3	6	0
<input type="checkbox"/>	A7	2	5	30	20	3	7	0
<input type="checkbox"/>	A8	1	4	50	15	0	2	6
<input type="checkbox"/>	A9	3	5	45	30	3	0	3
<input type="checkbox"/>	A10	2	4	20	35	3	2	4

а)



б)

Рисунок 4.8 – Розв’язок задачі планування множини ресурсів

а) задача інформації про земельні ресурси;

б) проекція розв’язку задачі на «пошарову» площину ресурсів

.

На рівні підприємства це означає технічне і технологічне переозброєння і модернізацію; активізацію інвестиційної та інноваційної діяльності, залучення зовнішнього інвестування; вдосконалення інформаційного забезпечення управління ресурсним потенціалом; реорганізацію системи обліку та аналізу витрат і ін.

Проблема державного і недержавного регулювання як впливу на умови формування та реалізації ресурсного потенціалу будівельних організацій

розглянута в [105], для чого автор вводить поняття саморегульованої організації в контексті підвищення якості надання послуг кінцевим користувачам.

Крім того, підприємство, як відкрита економічна система, для урахування нестабільності зовнішнього середовища має володіти певним запасом ресурсів, так званого компенсаційним потенціалом підприємства, що знаходиться в резерві, і не є задіяним в процесі виконання виробничої програми.

Цей резерв використовується як для адаптації підприємства до можливих змін умов протягом виробничого циклу (оперативне регулювання ресурсного потенціалу), так і для відтворення системи в оптимальних структурних пропорціях в тривалій перспективі (стратегія його формування).

Таким чином, пропонований інструментарій дозволяє отримати кількісну оцінку загальної потреби в компенсаційних ресурсах, інвестиційних ресурсах, їх структури для відповідності регламенту роботи РБО КП прийнятим міжнародним нормам, темпам і пропорціям розвитку.

Крім цього, визначення обсягу і структури будівельно-монтажних робіт на поточний період дозволяє обґрунтувати обсяги підрядних робіт і здійснити узгодження їх з темпами нарощування потужностей РБО.

Функція контролю виражається через фінансовий контроль за кількісними та якісними параметрами використання всіх видів ресурсів при виконанні виробничої програми РБО. В рамках даної функції реалізується можливість аналізувати аспекти діяльності суб'єкта управління і визначити ефективність використання ресурсів.

Контроль здійснюється і в процесі планування, і на стадії оперативного управління шляхом зіставлення фактичних результатів від використання фінансових ресурсів з плановими (задачі 1.1 і 1.2) і можливого перерозподілу фінансових ресурсів. Інформаційно-методичне забезпечення полягає в складанні бухгалтерської, фінансової, статистичної та інших видів звітності.

При цьому в пропонованій інформаційній технології реалізована можливість обліку нормативно-правової бази, результатів порівняльного економічного аналізу підсумків минулого господарського періоду і плану на заданий період.

Оперативне врахування зміни умов господарювання під впливом зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства в рамках запропонованої моделі можна здійснити шляхом зміни метричних характеристик об'єктів розміщення, що моделюють ремонтні роботи.

Крім того, шляхом варіювання тривалості періоду планування і коригування вихідної інформації (екзогенних параметрів моделі) можна здійснювати перерахунок решти виробничої програми підприємства з урахуванням мінливих умов внутрішнього і зовнішнього середовища.

З вищевикладеного безпосередньо випливає, що задача 4.2 вирівнювання ресурсів може розглядатися в еквівалентній постановці виду:

$$\Delta R_{t-k}^{cr} \rightarrow \min_{D_{non-cr} \subset E^N}, \quad (4.17)$$

де

$$\Delta R_{t-k}^{cr} = \max_{t \in \{t_{start}, t_{start}+1, \dots, T\}} \{R_{t-k}^{cr} - R_{(t-1)-k}^{cr}\},$$

$$R_{t-k}^{cr} = \max_{j=1, \dots, N, h=1, \dots, H, x_{hj1} \in [t-1, t]} (x_{hjk} + r_{hjk}), \quad k=2, \dots, M, \quad (4.18)$$

причому момент часу t_{start} узгоджений з часом проведення поточного контролю, а розмірність простору, в якому розглядається задача (4.17), є функція кількості ремонтних робіт, які не виконані на момент часу t_{start} .

4.4. Розв'язання задачі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства «Харківводоканал»

Розглядається розв'язання наступної задачі.

Є два проекти ремонтно-відновлювальних робіт, які виконуються одночасно.

Проект 1. Комплекс робіт по реконструкції (капітальний ремонт) ділянки водопровідної мережі між камерами МК-1507 і МК-1508 по Московському проспекту, 54-А в м Харкові. Проект містить 19 укрупнених операцій. Перелік і характеристики операцій укрупненого варіанту представлені в табл. А.2 (Додаток А).

На рис. 4.9 представлена мережева модель (ациклічний граф) укрупненого варіанту виконання робіт, що задає впорядкування операцій

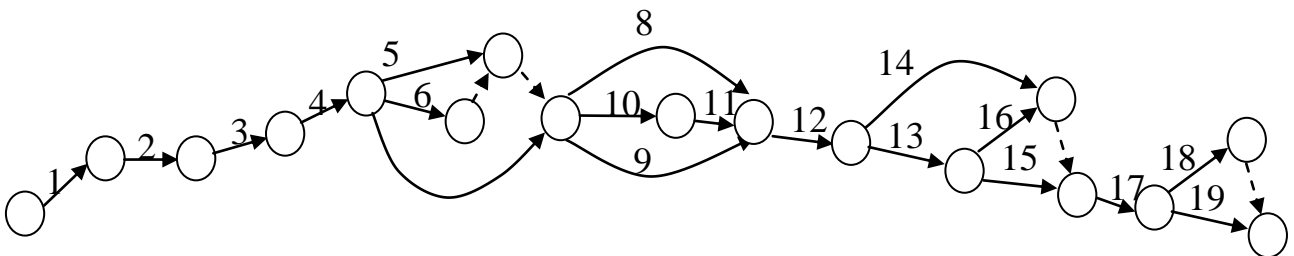


Рисунок 4.9. Мережева модель (ациклічний граф) укрупненого варіанту виконання робіт, що задає впорядкування операцій проекту 1.

При цьому операції проекту представлені дугами графа, а моменти початку і закінчення робіт – кружками (вершинами). Фіктивні операції, які не потребують ресурсів, необхідні тільки для побудови мережевої моделі, показані пунктирними лініями.

Проект 2. Капітальний ремонт зовнішніх мереж водопроводу пр. Московський, 248г. Проект містить 30 робіт. Перелік і характеристики операцій укрупненого варіанту представлені в табл. А.3 (Додаток А).

На рис. 4.10 представлена мережева модель укрупненого варіанту виконання робіт, що задає впорядкування операцій проекту 2.

Задача складання календарного графіка виконання робіт по реконструкції водопровідних мереж була вирішена в двох постановках: як задача без обмежень, так і задача з обмеженнями на необхідні ресурси для виконання ремонтних робіт.

Зауваження 4.6 Згідно нормативної документації, при здійсненні ремонтно-будівельних робіт у вартість і тривалість робіт закладається 5% плата за ризик (експертна та статистична оцінка впливів невизначеності дій зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства на процес виконання ремонтних робіт).

Множина $T = \{T_1, T_2\} = \{T_{11}, T_{12}, \dots, T_{119}, T_{21}, T_{22}, \dots, T_{230}\}$ містить в цілому 49 укрупнених робіт.

Таким чином, оцінка розмірності простору, в якому вирішується оптимізаційна задача планування ресурсів, становить $O(15^{\times 49})$.

Множина матеріальних ресурсів R включає:

R_2 – автогрейдер $\{T_{14}\}$,

R_3 – агрегат для зварювання поліетиленових труб $\{T_{214}\}$,

R_4 – трактор на гусеничному ході $\{T_{25}\}$,

R_5 – автомобіль бортовий $\{T_{13}, T_{14}, T_{15}, T_{17}, T_{18}, T_{19}, T_{110}, T_{113}, T_{114}, T_{118}, T_{24}, T_{214}, T_{218}, T_{221}, T_{223}, T_{230}\}$,

R_6 – компресор пересувний $\{T_{13}, T_{14}, T_{118}, T_{119}, T_{24}, T_{229}\}$,

R_7 – агрегат для ручного зварювання $\{T_{110}, T_{225}\}$,

R_8 – бульдозер $\{T_{118}, T_{26}, T_{227}\}$,

R_9 – агрегат зварювальний пересувний $\{T_{15}, T_{114}, T_{26}, T_{212}, T_{221}\}$;

R_{10} – кран на автомобільному ході $\{T_{15}, T_{17}, T_{18}, T_{114}, T_{27}, T_{212}, T_{214}, T_{218}, T_{221}\}$

R_{11} – самоскид $\{T_{115}, T_{117}, T_{212}\}$,

R_{12} – екскаватор одноковшевий $\{T_{14}, T_{24}\}$,

R_{13} – молоток відбійний пневматичний $\{T_{13}, T_{14}, T_{24}\}$, та ін., виражені в машино-годинах.

При цьому вважається, що всі необхідні виконавці робіт мають однакову кваліфікацію, середній розряд – 3,5, вартість години їх праці однакова і становить приблизно 30 грн., що узгоджується з параметрами реальних локальних кошторисів на проведення робіт з ремонту зовнішнього водопроводу

Зауваження 4.7. В якості фінансового ресурсу беруться до уваги тільки прямі витрати. Непрямі витрати, як, наприклад, оплата праці управлінського персоналу в даному випадку не розглядаються.

Таким чином, метричні характеристики геометричних об'єктів, які є графічними моделями ремонтних робіт, задаються з урахуванням такої агрегованої оцінки.

Розв'язання задачі 4.1 визначення критичного шляху при необмежених ресурсах: $\mathfrak{Z}^{cr} = 84$ дня (рис. 4.11).

Множина критичних операцій першого проекту (на рис. 4.9 роботи першого проекту показані більш темним кольором) має вигляд:

$$\{T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{17}, T_{19}, T_{114}, T_{115}, T_{117}, T_{118}\}.$$

Множина критичних операцій другого проекту складають операції

$$\{T_{21}, T_{22}, T_{24}, T_{26}, T_{29}, T_{211}, T_{212}, T_{217}, T_{218}, T_{220}, T_{225}, T_{226}, T_{227}, T_{229}, T_{230}\}.$$

Застосування підходу, представленого в даному дослідженні, дозволило скоротити розрахунковий час виконання розглянутих проектів ремонтних робіт на два дні в порівнянні з методикою розрахунку календарного плану робіт, що використовується в КП «Харківводоканал».

Розв'язання задачі 4.2 вирівнювання ресурсів щодо фінансового ресурсу (за погодженням з ОПР) (рис. 4.12) дозволило знизити пікове навантаження на фінансовий ресурс на 9,5% без збільшення загального часу виконання програми і залучення додаткової спецтехніки.

Таким чином, застосування підходу, представленого в даному дослідженні, дозволило скоротити розрахунковий час виконання робіт з реконструкції на два дні, і вирішити задачу вирівнювання ресурсів.

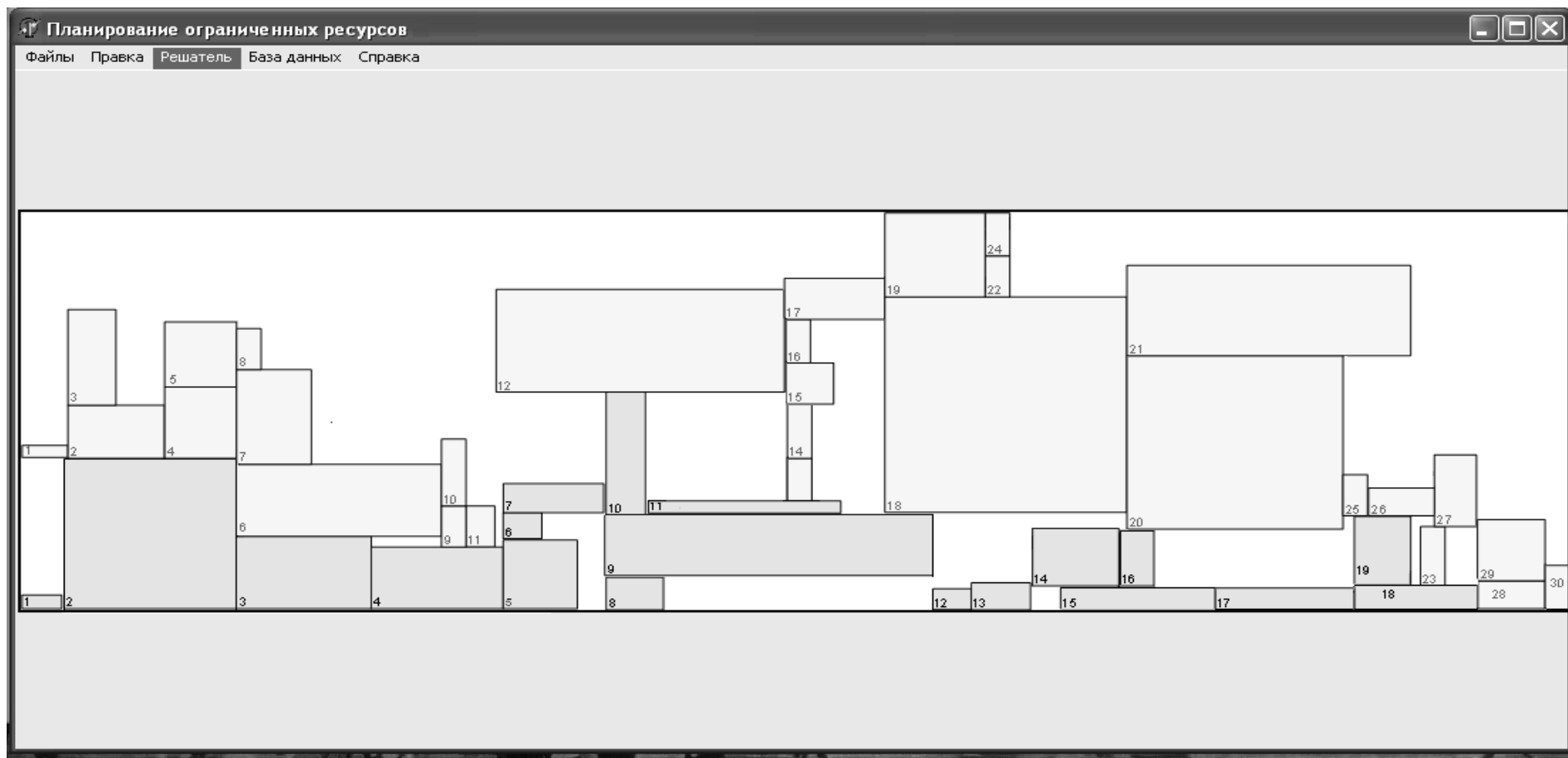


Рисунок 4.11. Розв'язок задачі 4.1 визначення критичного шляху виробничої програми

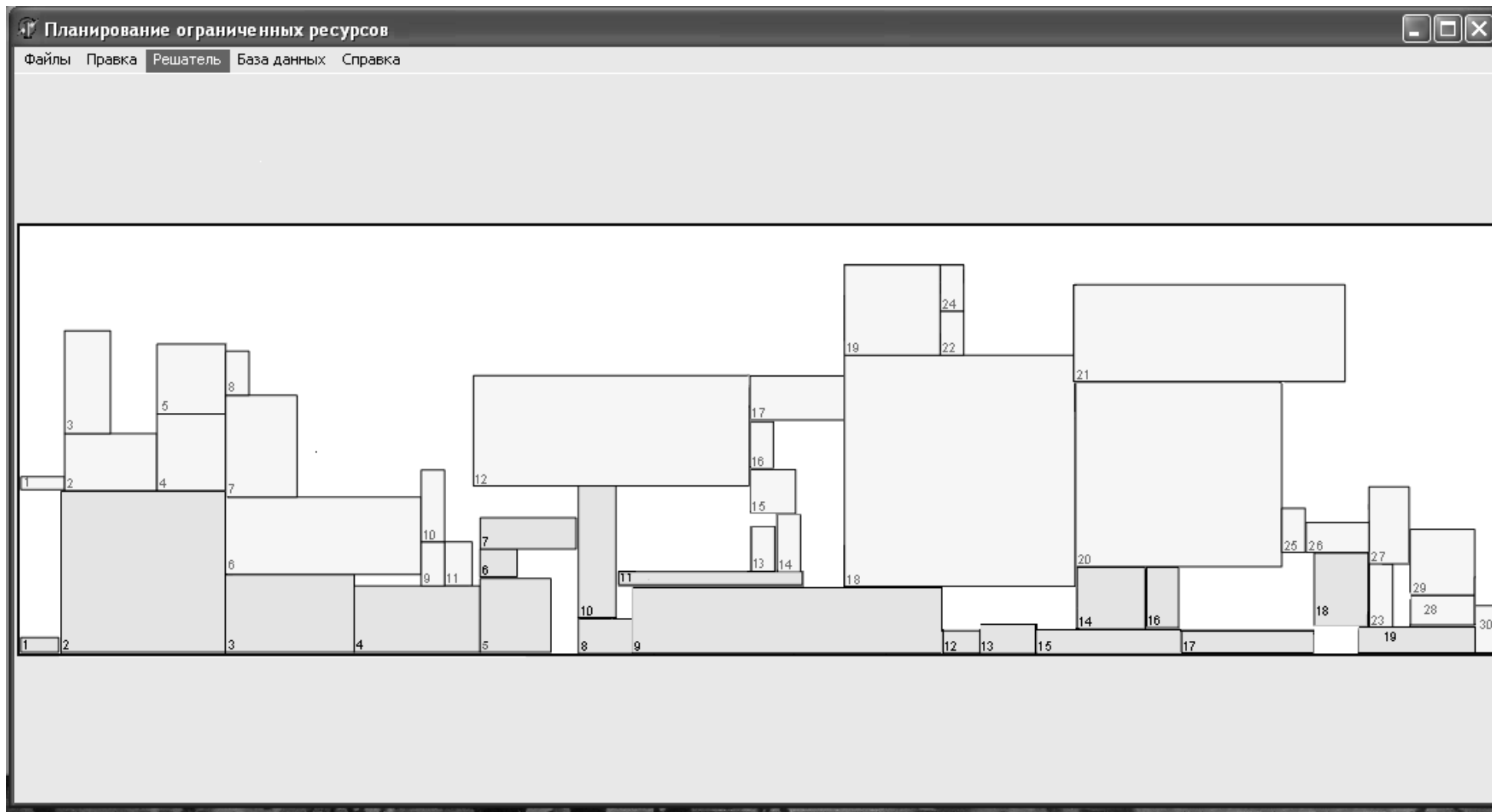


Рисунок 4.12. Розв'язок задачі 3.2 вирівнювання фінансового ресурсу

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4

1. Проведено впорядкування факторів впливу зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства на форми і зміст виробничого процесу РБО КП в сфері водопостачання та водовідведення мегаполісу.

2. Наведено класифікацію основних типів невизначеностей, які генеруються зовнішнім і внутрішнім середовищем КП.

3. За умови розгляду діяльності ремонтно-будівельної організації КП по виконанню своєї виробничої програми в певному інтервалі планування як множини ремонтно-будівельних проектів, визначено інструментальні засоби математичного моделювання і розв'язання задач різних етапів управління обмеженими ресурсами РБО з урахуванням невизначеності. На етапі планування ресурсного потенціалу комунального підприємства дані невизначеності моделюються як змінні характеристики робіт ремонтно-відновлювальних проектів комунального підприємства.

4. Запропоновано точний і наближений (на основі методу оптимізації за групами змінних) методи розв'язання багатокритеріальної багатовимірної задачі управління декількома ресурсами проекту як задачі оптимального розміщення.

5. Проведено системологічний аналіз ринку комерційного програмного забезпечення розв'язання задач оптимального планування ресурсів, виділені переваги і недоліки розглянутих програмних комплексів.

6. Побудовано інфологічну модель інформаційно-аналітичної системи планування ресурсного потенціалу КП в сфері водопостачання та водовідведення та здійснено її програмну реалізацію.

7. Проведено чисельні дослідження розроблених методів на прикладі оптимізації проектів виконання робіт по реконструкції водопровідних мереж м Харкова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» від 24.06.2004 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 47.
2. Закон України «Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2009-2014 роки» від 11.07.2009 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2009. – № 46.
3. Закон України «Про Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2011-2020 роки» від 20.10.2010 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2010. – № 42.
4. Закон України «Про природні монополії» від 21.02.2007 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2007. – № 19.
5. Закон України «Про ціни і ціноутворення» від 21.06.2012 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2012. – № 39.
6. Наказ Державного Комітету України з питань ЖКГ «Про затвердження типового переліку послуг з утримання та ремонту будівель, споруд та прибудинкових територій» № 452 від 21.09.2004 р. // Офіційний вісник України. – 2004 – № 35.
7. Наказ Державного Комітету України з питань ЖКГ «Про затвердження Правил утримання житлових будинків та прибудинкових територій» № 229 від 11.02.2005 р // Офіційний вісник України. – 2005 – № 23.
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 червня 2006 року № 1001 «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2015 року». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1001-2006%EF>.
9. Постанова Кабінету Міністрів України «Про забезпечення єдиного підходу до формування тарифів на житлово-комунальні послуги» від 06.07.2006 р. // Офіційний вісник України. – 2006. – № 959.
10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з централізованого водопостачання та водовідведення» від 12.07.06 р. № 959 // Офіційний вісник України. – 2006. – № 48.
11. Постанова НКРЕ України «Про затвердження порядку формування тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення» від 17.02.2011 р. // Офіційний вісник України. – 2011. – № 22.
12. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы: Монография / М.М. Алексеева. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 176 с.
13. Анисимова Н. А. Методика расчета инвестиционной составляющей тарифа на водоснабжение с учетом специфики предприятия/ Н. А. Анисимова, Т. И. Макеева // Российское предпринимательство. – 2009.

– № 4-2. – С. 118–122.

14. Бабаев И.А. Управление программами развития организаций на основе модели «шестеренок» / И.А. Бабаев, А.Г. Тиминский // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 3. – С. 5–10.

15. Базилевич В. Д. Роздержавлення природних монопольних структур в Україні / В.Д. Базилевич, Г. Филюк // Економіка України.– 2002.– №3.– С.35–42.

16. Бакаев О.О. Визначення характеристик транспортної сітки за методом послідовного аналізу варіантів / О.О.Бакаев, С.В. Брановицька, В.С. Михалевич, Н.З. Шор // Доп. АН УРСР. – 1962. – № 44. – С. 472–474.

17. Бакаєв О.О. Економіко-математичні моделі економічного зростання / О.О. Бакаєв, В.І. Гриценко, Л.І. Бажан. – К.: Наукова думка, 2005. – 190 с.

18. Бердникова Л.Ф. Ресурсный потенциал организации: понятие и структура / Л.Ф. Бердникова // Вектор науки ТГУ. – № 1(15). – 2011. – С. 201–203.

19. Берсуцкий А.Я. Концепция моделирования процесса принятия решений в управлении ресурсным потенциалом предприятия / А.Я. Берсуцкий // Новое в экономической кибернетике: Сб.науч.ст. / Под общ. ред. Ю.Г. Лысенко; Донецкий нац. ун-т. – Донецк: Юго-Восток, 2009. – С. 5–15.

20. Бражникова Л. Н. Стратегическое управление собственными средствами предприятий ЖКХ: / Л. Н. Бражникова; НАН Украины, Ин-т экономики промышленности. – Донецк: Юго-Восток, 2010. – 363 с.

21. Вавричук О.С. Государственно-частное партнерство как механизм финансирования жилищно-коммунального хозяйства / О.С. Вавричук // Коммунальное хозяйство городов – 2010. – Вып. № 96. – С. 284–288.

22. Вітлінський В. В. Планування обсягу реалізації продукції та дебіторської заборгованості підприємства в умовах невизначеності / В.В. Вітлінський, В.І. Скіцько // Фінанси України. – 2006. – № 5. – С. 127–133.

23. Вовк В.М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах / В.М. Вовк. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 584 с.

24. Водный сектор в Германии: Методы и опыт. – Берлин-Бонн-Виттен, 2001. – 39 с.

25. Воронин А.Н. Многокритериальная задача распределения ограниченных ресурсов / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2011. – № 3. – С. 179–182.

26. Геєць В. М. Суспільство, держава, економіка: феноменологія взаємодії та розвитку / В. М. Геєць. К.: Ін-т екон. та прогнозув. НАН України. – 2009. – 864 с.

27. Гилл Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М.: Мир, 1985. – 509 с.
28. Глушков В.М. Применение ЭЦВМ при проектировании железных дорог / В.М. Глушков, В.С. Михалевич, А.Н. Сибирко // ЦНИИС и ИК АН УССР. – 1964. – Вып. 51. – 93 с.
29. Гончаренко Д.Ф. Технологические решения замены трубопроводов водоснабжения / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, Х. Вевелер // Науковий вісник будівництва. – 2009. – № 54. – С. 46–51.
30. Деева А.И. Экономика ремонтно-строительного производства / А.И. Деева. – М.: МИКХиС, 2005. – 591 с.
31. Димченко О.В. Житлово-комунальне господарство в реформаційному процесі: аналіз, проектування, управління: Монографія / О.В. Димченко. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 356 с.
32. Жданко Є.С. Житлово-комунальне господарство міст України: Пріоритетні тренди розвитку / Є. С. Жданко // Економіка будівництва і міського господарства – 2011. – № 1. – С. 31–40.
33. Забаштанський М.М. Джерела формування фінансових ресурсів підприємств житлово-комунального господарства / М.М. Забаштанський // Актуальні проблеми економіки. – 2005. – Вип. №6 (48). – С. 25–29.
34. Заруба В.Я. Системный поход к анализу потенциала предприятия // В.Я. Заруба, Л.В. Потрашкова / Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – №8 (150). – С. 59–62.
35. Інформаційний сайт програмного продукту Open Plan. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.openplan.com.
36. Інформаційний сайт програмного продукту Primavera Project Planner. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.projectmagazine.com.
37. Інформація про тарифи на послуги водопостачання по базових підприємствах станом на 1 серпня 2012 г. [Електронний ресурс]: сайт Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К., 2012. – Режим доступу: www.minregion.gov.ua/decision/?id=1832&sid=479.
38. Клебанова Т.С. Сценарний аналіз диспропорцій регіонального розвитку //Т.С. Клебанова, Л.С. Гурьянова / Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2012. – №10 (181). – С. 146–155.
39. Ключевые аспекты реформы тарифов городского водного хозяйства в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА) / Под общ. ред. А. Даниленко. – Париж: Изд-во ОЭСР. – 2006. – 52 с.
40. Кравцова Л.В. Стратегічне планування розвитку підприємств житлово-комунального господарства / Л.В. Кравцова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – Т. 1. – Вип. 3. – С. 125–128.

41. Крижановський В.В. Система керування комплексними проектами / В.В. Крижановський, С.М. Попов // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 6. – С. 131–136.
42. Куприянов В. Жилищно-коммунальное хозяйство Франции: Обзор / В. Куприянов // Коммунальный комплекс России. – 2010. – №1(67). – С.38–43.
43. Лелюк Н.Є. Проблеми формування фінансових ресурсів підприємств житлово-комунального господарства / Н.Є Лелюк, О.О. Короп // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – № 71. – С. 223–228.
44. Лепа Р.Н. Модели рефлексивного управления в экономике / Р.Н. Лепа. – Донецк: Ин-т экономики промышленности, 2012. – 379 с.
45. Логинов Д.А. Вопросы правового регулирования договорных отношений в сфере ресурсоснабжения и оказания коммунальных услуг / Д.А. Логинов // Право и экономика. – 2008. – № 11. – С. 16–21.
46. Лук'янченко О.О. Економіко-організаційне забезпечення розвитку комунальної містообслуговуючої сфери: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня докт. екон. наук: спец. 08.00.05 – розвиток продуктивних сил і регіональна економіка / О.О. Лук'янченко – Донецьк, 2008. – 35 с.
47. Лысенко Ю.Г. Экономика и кибернетика предприятия: Современные инструменты управления / Ю.Г. Лысенко. – Донецк: Юго-Восток, 2006. – 356 с.
48. Мазур И.И. Девелопмент / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерроге. – М.: Экономика, 2004. – 521 с.
49. Методи та засоби прийняття рішень в соціально-економічних і технічних системах / Е.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребеннік, Н.А. Соколова – К.: Техніка, 2004. – 380 с.
50. Миронова М.Д. Инновационный подход в управлении предприятием жилищно-коммунальной сферы / М.Д. Миронова, Н.Р. Галимов // Вестник ИИЖЭКОН. – № 5(32). – 2009. – С. 371–372.
51. Михалевич В.С. Вычислительные методы выбора оптимальных проектных решений / В.С. Михалевич, Н.З. Шор, Л.А. Галустова и др. – К.: Наукова думка, 1977. – 178 с.
52. Михалевич В.С. Математические методы выбора оптимального варианта сложного магистрального газопровода при стационарном режиме течения газа / В.С. Михалевич, Н.З. Шор, Л.М. Бидулина // Экономическая кибернетика и исследование операций. – 1967. – № 36. – С. 57–59.
53. Михалевич В.С. Математические основы решения задач выбора оптимального очертания продольного профиля / В.С. Михалевич, Н.З. Шор // Труды ВНИИ транспорта и строительства. – 1964. – С. 22–28.
54. Михалевич В.С. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов /

В.С. Михалевич, А.И. Кукса. – М.: Наука, 1983. – 208 с.

55. Михалевич В.С. Последовательные схемы оптимизации в задачах упорядочения выполнения работ / В.С. Михалевич, В.В. Шкурба // Кибернетика. – 1966. – № 2. – С. 34–40.

56. Михалевич В.С. Численные решения многовариантных задач по методу последовательного анализа вариантов / В.С. Михалевич, Н.З. Шор // Доклады АН СССР. – 1962. – № 1. – С. 15–42.

57. Модели управления проектами в нестабильной экономической среде / [А.Г. Белый, В.В. Гнатушенко, С.И. Левицкий]; Под. ред.: Ю.Г. Лысенко. – Донецк: «Юго-Восток, ЛТД», 2003. – 291 с.

58. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2011 році. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2012. – 642 с.

59. Новожилова М.В. Математическая модель оптимального распределения нескольких ресурсов инвестиционно-строительного проекта / М.В. Новожилова, И.В. Беленченко // Науковий вісник будівництва. – 2007. – Вип. 43. – С. 236–239.

60. Новожилова М.В. Моделирование задачи управления проектами в условиях неопределенности исходных данных / М.В. Новожилова, Н.А. Попельных // Новое в экономической кибернетике. – Донецк: ДНУ, 2005. – № 1. – С. 62–70.

61. Новожилова М.В. Моделювання і розв'язання багаторесурсної задачі календарного планування як задачі оптимального розміщення гіперпаралелепіпедів / М.В. Новожилова // АСУ и приборы автоматики – 2001. – № 115 – С. 54–61.

62. Новожилова М.В. Оптимизационная задача управления ресурсами с учетом погрешностей исходных данных / М.В. Новожилова, Н.А. Попельных // Геометричне та комп'ютерне моделювання – 2006. – Вип.15. – С. 64–73.

63. Новожилова М.В. Решение оптимизационной задачи размещения прямоугольников в полосе с учетом возможности их разбиения / М.В. Новожилова, Н.А. Попельных, И.В. Беленченко // Системи обробки інформації – 2006. – № 8 – С. 67–73.

64. Новожилова М.В. Урахування невизначеності в управлінні ресурсами ремонтних комунальних підприємств/ М.В.Новожилова, О.І.Чуб // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем: V Міжнародна науково-практична конференція, 11-12 квітня 2013 р., Харків: Матеріали. – Харків: ВД «ІНЖЕК». – 2013. – С. 279-280.

65. Новожилова М.В. Аналіз системи критеріїв ефективності ресурсоорієнтованих будівельних організацій / М.В. Новожилова, О.І. Чуб // Людина, суспільство, комунікативні технології: II Міжнародна науково-

практична конференція, 20-21 червня 2013 р.: Матеріали. – Харків. – 2013. – С. 294–296.

66. Новожилова М.В. Фактор неопределенности временного параметра при управлении проектами / М.В. Новожилова, Т.Е. Романова // Проблемы машиностроения. – 2001. – Т. 4. – № 1-2. – С. 79–84.

67. Офіційний сайт КП «Харківводоканал» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.w3.org/1999/xhtml>

68. Офіційний сайт компанії «Технологии управления «Спайдер». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.spiderproject.com.ua.

69. Офіційний сайт компанії Primavera. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.pmssoft.ru.

70. Офіційний сайт компанії Time Line Solutions. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.timelinemaker.com.

71. Офіційний сайт корпорації Microsoft. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.office.microsoft.com.

72. Петросов В.А. Эколого-экономическая безопасность хозяйственно-питьевого водоснабжения / В.А. Петросов, Г.К. Агаджанов, С.Л. Василенко, В.Я. Кобылянский // Коммунальное хозяйство городов.–2004. – №55.–С. 9–19.

73. Подчасова Т.П. Управление в иерархических производственных структурах / Т.П. Подчасова, А.Л. Лагода, В.Ф. Рудницкий. – К.: Наукова думка, 1989. – 183 с.

74. Подчасова Т.П. Эвристические методы календарного планирования / Т.П. Подчасова, О.П. Суслов, В.В. Шкурба. – К. Техніка, 1980. – 140 с.

75. Полуянов В.П. Организационно-экономический механизм эффективного функционирования предприятий жилищно-коммунального хозяйства / В.П. Полуянов. – Донецк: НАН Украины, 2004. – 220 с.

76. Попельнюх Н.О. Математичне моделювання задачі управління ресурсами проекту в умовах невизначеності задавання вихідних даних та в умовах повного детермінізму / Н.О. Попельнюх, М.В. Новожилова // Управління проектами: Стан та перспективи: Міжнар. наук.-практ. конф.: Тези доп. – Миколаїв. – 2005. – С. 113–114.

77. Правовое регулирование централизованного водоснабжения и тарифообразования в сфере водоснабжения в Украине и в Германии / Под. общ. ред. В. Ребока. – Киев-Arzinger: Евразия, 2011. – 52 с.

78. Програма реформування і розвитку житлово-комунального господарства Харківської області на 2010-2014 роки [Електронний ресурс]: сайт Харківської обласної державної адміністрації. – Харків, 2009. – Режим доступу: <http://www.oblrada.kharkov.ua/rus/decision/?id=1914&sid=126>.

79. Програма розвитку КП «Харківводоканал» до 2026 року [Електронний ресурс]: сайт КП «Харківводоканал». – Харків, 2012. – 169 с. – Режим доступу: <http://hkov.kharkov.ua>.

80. Разу М.Л. Управление программами и проектами / М.Л. Разу, В.И. Воропаев, Ю.В. Якутин. – М.: Инфра-М, 2000. – 364 с.
81. Рыбалка А.Т. Особенности развития конкурентной среды в жилищно-коммунальной сфере и проблемы повышения её эффективности / А.Т. Рыбалка // Актуальні проблеми економіки. – 2003. – № 9. – С. 141–148.
82. Сергеева Л.Н. Статистичне забезпечення стратегічного розвитку управління розвитком регіону / Л.Н. Сергеева, О.А. Теряник. – Запоріжжя: КПУ, 2010. – 240 с.
83. Сергієнко І.В. Методи оптимізації та системного аналізу для задач трансобчислювальної складності / І.В. Сергієнко. – К.: Академкніга, 2010. – 318 с.
84. Сергієнко І.В. До питання про абстрактну постановку однієї задачі / І.В. Сергієнко // Доп. АН УРСР. – 1965. – № 2. – С. 177–179.
85. Сиваев С.Б. Частный бизнес в коммунальном секторе: практика развития/ С.Б. Сиваев. – М.: Фонд «Институт экономики города». – 2008. – 12с.
86. Слепцов А.И. Метод нечеткого расчета характеристик операций в задаче нечеткого сетевого планирования и управления / А.И. Слепцов, Т.А. Тыщук // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 2. – С. 58–71.
87. Слепцов А.І. Метод розрахунку характеристик операцій в задачі нечіткого планування та управління / А.І. Слепцов // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – № 3. – С. 81–93.
88. Солодухин Г.И. Порядок ценообразования в коммунальном хозяйстве: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.04 – хозяйственное право, хозяйственно-процессуальное право» / Г.И. Солодухин; НАН Украины, ИЭПИ. – Донецк, 2010. – 236 с.
89. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 266 с.
90. Стоян Ю.Г. Пространства геометрических информации / Ю.Г. Стоян // Препринт АН УССР / Ин-т проблем машиностроения. – Харьков, 1985. – 68 с.
91. Стратегія сталого розвитку Харківської області до 2020 року [Електронний ресурс]: сайт Харківської обласної державної адміністрації. – Харків, 2010. – 112 с. – Режим доступу: <http://kharkivoda.gov.ua/uk/article/static/id/243>.
92. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха. – М.: ИД «Вильямс», 2001. – 912 с.
93. Тевяшев А.Д. Прогрессивные информационные экологически безопасные и ресурсосберегающие технологии в системах водоотведения / А.Д. Тевяшев, И.В. Коринько, В.С. Есилевский // Восточно-Европейский

журнал передовых технологий. – 2005. – № 2/1 (14). – С. 50–61.

94. Теленик С.Ф. Генетичні алгоритми вирішення задач управління ресурсами і навантаженнями центрів оброблення даних / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010 – № 1. – С. 106–120.

95. Тимофеев В.А. Анализ проблем тарифообразования в сфере водоснабжения и водоотведения / В.А.Тимофеев, О.И.Чуб, М.В. Новожилова // Коммунальное хозяйство городов – 2012. – Вып. 106. – С. 46–56.

96. Тимофеев В.А. Модели оптимального распределения ресурсов организации / В.А. Тимофеев, О.И. Чуб // Дослідження та оптимізація економічних процесів «Оптимум-2010»: VII Міжнародна науково-практична конференція, 1-3 грудня 2010 р., Харків: Труды. – Харків: НТУ «ХП». – 2010. – С. 139–140.

97. Тимофеев В.А. Оптимальное планирование ресурсов производственной программы ремонтно-строительного предприятия / В.А. Тимофеев, О.И. Чуб, М.В.Новожилова // Вестник БГТУ им. Шухова. – 2013. – Вып. 5. – С. 101–105.

98. Тищенко А.Н. Экономическая результативность деятельности предприятий / А.Н. Тищенко, Н.А. Кизим, Я.В. Догадайло. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2005. – 169 с.

99. Тимофеев В.О. Економіко-математичне моделювання планування робіт в галузі ЖКГ / В.О. Тимофеев, О.І. Чуб // Актуальні проблеми економічного і соціального розвитку регіону: Всеукраїнська науково-практична конференція, 16 грудня 2011 р., Донецьк: Збірник матеріалів. – Донецьк: Ноулідж. – Т. 1. – 2011. – С. 199–202.

100. Тимофеев В.О. Задача планування ресурсів ремонтно-будівельної організації / В.О. Тимофеев, О.І. Чуб // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: Проблеми теорії та практики. – 2011. – Вип. № 1(13). – С. 5–15.

101. Тимофеев В.О. Модель формування попиту на послуги ремонтно-будівельних служб ЖКГ / Тимофеев В.О., Чуб О.І. // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем: IV Міжнародна науково-практична конференція, 9-10 квітня 2012 р., Харків: Матеріали. – Харків: ВД «ІНЖЕК». – 2012. – С. 279–280.

102. Торкатюк В.И. Особенности разработки экономико-математических моделей рентабельности строительных предприятий (на примере специализированных монтажных организаций) / В.И. Торкатюк, Ф.Т. Шумаков, Н.В. Кадничанский и др. // Коммунальное хозяйство городов. – 2005. – №62. – С. 56–68.

103. Торкатюк В.И. Формирование имитационной модели управления производственными процессами на уровне жилищно-коммунального

предприятия / В.И. Торкатюк, В.Т. Семенов, Л.Н. Шутенко // Коммунальное хозяйство городов. – 2003. – № 53. – С. 247–257.

104. Третьяк С.Н. Коммерческая деятельность. Часть 1. Основы теории и организации. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1999. – 109 с.

105. Феклистов О.И. Управление ресурсным потенциалом предпринимательских структур жилищно-коммунального комплекса / О.И. Феклистов. – СПб.: Политехника-сервис. – 2009. – 383 с.

106. Цатурян М. Министр по сниженным тарифам: Анатолий Близнюк призван реформировать отрасль ЖКХ / М. Цатурян, Я. Колгушев // Коммерсантъ. – 2011. – № 111 (№1385). – С. 1.

107. Чуб І.А. Математична модель та розв'язок оптимізаційної задачі розподілу ресурсів проекту / І.А. Чуб, М.В. Новожилова, І.В. Беленченко // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 2 (92). – С. 291–294.

108. Чуб І.А. Конечный метод поиска глобального минимума задачи размещения прямоугольных объектов / И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Доповіді Національної Академії наук України. – 2011. – №11. – С. 56–61.

109. Чуб І.А. Решение задачи распределения ресурсов проекта как оптимизационной задачи размещения геометрических объектов с изменяемыми метрическими характеристиками/ И.А. Чуб, А.С. Иванилов, М.В. Новожилова // Проблемы машиностроения. – 2010. – Т. 13. – № 5. – С. 56–66.

110. Чуб О.И. Анализ проблем тарифообразования в сфере водоснабжения и водоотведения / О.И. Чуб // Проблеми та перспективи розвитку підприємств в умовах світової економічної інтеграції: IV Міжнародна науково-практична конференція, 22-23 листопада 2012 р., Харків: Матеріали. – Харків: ХНУБА. – Ч. 1. – 2012. – С. 123–125.

111. Чуб О.И. Оптимизация планирования работ ремонтно-строительных организаций в сфере жилищно-коммунального хозяйства / О.И. Чуб // XIII Апрельская Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества 3-5 апреля 2012 г., Москва: Сборник докладов. – М.: НИУ ВШЭ. – Кн. 4. – 2012. – С.406–411.

112. Чуб О.И. Экономико-математическая модель задачи планирования работ в условиях детерминированного спроса / О.И.Чуб // Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии: III Международная научная конференции, 19-23 марта 2012 г., Кишинев: Материалы. – Кишинев: Evrica. – 2012. – С. 530–535.

113. Чуб О.І. Економіко-математична модель задачі планування робіт ремонтно-будівельних організацій / О.І. Чуб // Вісник Запорізького національного університету: Економічні науки. – 2011. – Вип. 3(11). – С. 106-115.

114. Чуб О.І. Економіко-математична модель та метод вирішення

динамічної моделі задачі планування ресурсів підприємства // Шевченківська весна: Економіка: X Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 19-23 березня 2012 р., Київ: Матеріали. – К.: Освіта України. – Т. I. – 2012. – С.337–339.

115. Чуб О.І. Критерії ефективності ресурсоорієнтованих будівельних організацій / О.І. Чуб // Шевченківська весна: Економіка: IX Міжнародна науково-практична конференція, 21-25 березня 2011 р., Київ: Матеріали. – К.: Освіта України. – Т. 2. – 2011. – С. 510–512.

116. Чуб О.І. Математична модель попиту на послуги ремонтно-будівельних служб ЖКГ / О.І. Чуб // XVI Міжнародний молодіжний форум, 19-21 квітня 2012 р., Харків: Матеріали. – Харків: ХНУРЕ. – Т. 7. – 2012. – С. 31–32.

117. Чуб О.І. Методологія визначення оптимальної вартості ресурсів при реалізації проектів реконструкції інженерних комунікацій/ О.І.Чуб // Стратегія розвитку міст: молодь і майбутнє (інноваційний ліфт): II Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих науковців, 27 березня 2013 р., Харків: Тези доповідей. – Харків: ХНАМГ. – 2013. – С. 75–77.

118. Чуб О.І. Моделювання попиту на послуги ремонтно-будівельних служб при плануванні обсягу фінансових ресурсів / О.І. Чуб, М.В. Новожилова, А.В. Журавка // Фінансово-кредитна діяльність: Проблеми теорії та практики. – 2012. – Вип. 1(12) – С. 208–214.

119. Чуб О.І. Оптимальний розподіл ресурсів при реалізації проектів реконструкції інженерних мереж в мультипроектному середовищі / О.І. Чуб, М.В. Новожилова // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – № 21 (994). – С. 58–64.

120. Чуб О.І. Оптимізація ресурсного потенціалу будівельних організацій / О.І. Чуб // Радиоелектроника и молодежь в XXI веке: XV Міжнародний молодіжний форум, 18-20 квітня 2011 р., Харків: Матеріали. – Харків: ХНУРЕ. – Т. 8. – 2011. – С. 14–15.

121. Чуб О.І. Системний аналіз ресурсного потенціалу будівельних організацій / О.І. Чуб // Системний аналіз. Інформатика. Управління (САУЛ-2011): II Всеукраїнська науково-практична конференція, 10-11 березня 2011 р., Запоріжжя: Тези доповідей – Запоріжжя: КПУ. – 2011. – С. 236–238.

122. Чуб О.І. Управління ресурсами комунального підприємства водопостачання з урахуванням невизначеності впливів зовнішнього та внутрішнього середовища/ О.І. Чуб, М.В. Новожилова, А.В.Журавка // Бізнес-Інформ. – 2013. – Вип. 3 – С. 217–221.

123. Чуб О.И. Оптимальное планирование ресурсов ремонтно-строительных организаций в сфере жилищно-коммунального хозяйства / О.И. Чуб, В.А. Тимофеев // Математическое моделирование процессов в экономике и управлении инновационными процессами (ММП-2013):

Международная научно-практическая конференция, 9-15 сентября 2013 г.: Тезисы докладов. – Харьков. – 2013. – С. 251–252.

124. Шиян А.А. Теорія ігор: Основи та застосування в економіці та менеджменті / А.А. Шиян. – Вінниця: Наука, 2009. – 164 с.

125. Alvarez-Valdes R. GRASP and path relinking for project scheduling under partially renewable resources / R. Alvarez-Valdes, E. Crespo, J.M. Tamarit, F. Villa // *European Journal of Operational Research* – 2008. – № 189. – P. 1153–1170.

126. Baldi M. The three-dimensional knapsack problem with balancing constraints / Baldi M., G. Perboli, R. Tade // *Applied Mathematics and Computation*. – 2012. – № 218. – P. 9802–9818.

127. Boef E. Erratum to the three-dimensional bin packing problem: Robot-packable and orthogonal variants of packing problems / E. Boef, J. Korst, S. Martello, D. Pisinger // *Operations Research* – 2005. – № 53. – P. 735–736.

128. Boer R. A hierarchical decision support system / R. Boer // *Resource-constrained multi-project management* – 1998. – № 12. – P. 23–31.

129. Brucker P. The paper Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods / P. Brucker, A. Drexl, R. Mohring, K. Neumann et al. // *European Journal of Operational Research*. – 1999. – № 112. – P. 3–41.

130. Cagan J. A survey of computational approaches to three-dimensional layout problems/ J. Cagan, K. Shimada, S. Yin // *Computer-Aided Design*. – 2002. – Vol. 34(8). – P. 597–611.

131. Carlier J. New reduction procedures and lower bounds for the two-dimensional bin packing problem with fixed orientation / J.Carlier, F. Clautiaux, A. Moukrim // *Computers & Operations Research* – 2007. – №34(8). – P. 2223–2250.

132. Castro P. M. From time representation in scheduling to the solution of strip packing problems / P. M. Castro, E. Grossmann // *Computers and Chemical Engineering*. – 2012. – № 44. – С. 45–57.

133. Castro Pedro M. Scheduling inspired models for two-dimensional packing problems / Pedro M. Castro, Josi F. Oliveira // *European Journal of Operational Research*. – 2011. – № 215. – P. 45–56.

134. Chub O.I. Mathematical model and method for optimal planning several resources/ O. Chub // 25-th European Conference on Operation Research, 8-11 July 2012. – Vilnius, Lithuania. – 2012. – P. 70.

135. CRS Report RL31294. Safeguarding the nation's drinking water: EPA and congressional actions. – 2003. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ncseonline.org/NLE/CRSreports/03/Jan/RL31294.pdf>.

136. Demeulemeester EL., Project Scheduling: A Research Handbook / Demeulemeeste, EL., Herroele, WS.// Kluwer Academic Publishers, Boston. –

2002. – 140 p.

137. Drira A. Facility layout problems: A survey / A. Drira, H. Pierreval, S. Hajri-Gabouj // *Annual Reviews in Control*. – 2007. – Vol. 31(2). – P. 255–267.

138. Dyckhoff H. A typology of cutting and packing problems / H. Dyckhoff // *European Journal of Operational Research*. – 1990. – № 44(2). – P. 145–159.

139. Egeblad J. Placement techniques for VLSI layout using sequence–pair legalization: master’s thesis, Department of Computer Science, University of Copenhagen / J. Egeblad. – 2003. – 58 p.

140. Feng, C.W. Stochastic construction time-cost tradeoff analysis/ C.W. Feng, L. Liu, S.A. Burns// *Journal of Computing in Civil Engineering*. – 2000. – № 14 (2). – P. 117–126.

141. Goncalves J. Genetic Algorithm for the Resource Constrained Multi-Project Scheduling Problem / J. Goncalves, J. Mendes, M. Resende // *AT&T Labs Technical Report*. – 2004 – № 29. – C. 60–79.

142. He Z. Metaheuristics for multi-mode capital-constrained project payment scheduling // Z. He, R. Liu, T. Jia // *European Journal of Operational Research*. – 2012. – № 223. – P. 605–613.

143. Hiraishi K. Scheduling of parallel identical machines to maximize the weighted number of just in-time jobs/ K. Hiraishi, E. Levner, M. Vlach // *Computers and Operations Research*. – 2002. – №29. – P. 841–848.

144. Icmeli-Tukel O. Ensuring quality in resource constrained project scheduling / O. Icmeli-Tukel, O. Walter // *European Journal of Operational Research*. – 1997. – № 103. – P. 483–496.

145. Imahori S. Local search heuristics for the rectangle packing problem with general spatial costs / S. Imahori, M. Yaguira, T. Ibaraki // *MIC'2001 – 4th Metaheuristics International conference*. – 2001. – P. 471–476.

146. Kastor A. The effectiveness of resource leveling tools for resource constraint project scheduling problem / A. Kastor, K. Sirakoulis // *International Journal of Project Management*. – 2009. – № 27. – P. 493-500.

147. Kis T. Cutting plane approach for integrated planning and scheduling / T. Kis, A. A. Kovacs // *Computers & Operations Research* – 2012 – № 39 – P. 320–327.

148. Kramer B. Resource constrained project scheduling: modelling with multiple alternatives / B. Kramer, H. Ching-Lai // *Mathematical Computer Modelling* – 1991. – № 15. – P. 49–63.

149. Lodi A. Recent advances on two-dimensional bin packing problems / A. Lodi, S. Martello, D. Vigo // *Discrete Applied Mathematics*. – 2002. – №. 123. – P. 373–380.

150. Long L. A genetic algorithm-based method for scheduling repetitive construction projects / L. D. Long, A. Ohsato // *Automation in Construction*. –

2009. – № 18. – P. 499–511.

151. Lova A. A multicriteria hierictic method to improve allocation in multiproject scheduling/ A. Lova, C. Maroto, P. Tormos// *EJOR*. – 2000. – № 127(2). – P. 408–424.

152. Lu M. Resource-constrained critical path analysis based on discrete event simulation and particle swarm optimization / M. Lu, H.-C. Lam, F. Dai // *Automation in Construction*, 2008. – № 17. – P. 670–681.

153. Luong H. Fund allocation model for pipe repair maintenance in water distribution networks/ H. Luong, O. Fujiwara // *European Journal of Operation Research*. – №136. – 2002. – C.403–421.

154. Martello S. Algorithms for general and robot-packable variants of the three-dimensional bin packing problem / S. Martello, D. Pisinger, D. Vigo, J. Korst // *ACM Transactions on Mathematical Software* – 2007. – № 33. – P. 7–19.

155. Martello S. The three-dimensional bin packing problem / S. Martello, D. Pisinger, D. Vigo // *Operations Research* – 2000. – № 48. – P. 256–267.

156. Mendes J. A random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem / J. Mendes J. Gonçalves, M. Resende // *Computers & Operations Research*. – 2009. – № 36. – P. 92–109.

157. Mika M. Tabu search for multi-mode resource-constrained project scheduling with schedule-dependent setup times / M. Mika, G. Waligya, J. Weglarz // *European Journal of Operational Research*. – 2008. – № 187 (3). – P. 1238–1250.

158. MirHassani S. Computational solution of capacity planning models under uncertainty / S. MirHassani, C.Lucas, G. Mitra // *Parallel Computing*. – 2000. – № 26. – P. 511–538.

159. Miyazawa F. Two- and three-dimensional parametric packing / F. Miyazawa, Y. Wakabayashi // *Computers and Operations Research*. – 2007. – № 34. – P. 2589–2603.

160. Neumann K. Procedures for resource leveling and net present value problems in project scheduling with general temporal and resource constraints / K. Neumann, J. Zimmermann // *European Journal of Operational Research*. – 2000. – V. 127, Issue 2. – P. 425–443.

161. Neumann K. *Project Scheduling with Time Windows and Scarce Resources* / K. Neumann, C. Schwindt, J. Zimmermann. – Berlin: Springer, 2003. – 340 p.

162. Neumann K. Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions/ K. Neumann, C. Schwindt, N. Trautmann // *European Journal of Operational Research*. – 2005. – № 165. – P. 495-509.

163. Pisinger D. Using decomposition techniques and constraint

programming for solving the two-dimensional bin packing problem / D. Pisinger, M. M. Sigurd // *INFORMS Journal on Computing*. – 2007. – № 19 (1). – P.36–51.

164. Sargaonkar A. Model study for rehabilitation planning of water supply network / A.Sargaonkar , S. Kamble, R. Rao // *Computers, Environment and Urban Systems*. – 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbys.2012>.

165. Sarker B. Planning and design models for construction industry: A critical survey / B. Sarker, P. Egbelu, T. Liao, Y. Junfang // *Automation in Construction*. – 2012. – № 22. – P. 123–134.

166. Turner J. P. Mitigating shortage and distribution costs in damaged water networks/ J. P. Turner, J. Qiao, M. Lawley, J.-P. Richard, D. M. Abraham // *Socio-Economic Planning Sciences* – 2012. – №46. – P. 315–326.

167. Umble E. J. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors / E. J. Umble, R. R. Haft, M. M. Umble // *European Journal of Operational Research*. – 2003. – № 146. – P. 241–257.

168. Wang P. Data set generation for rectangular placement problems / P. Wang, L. Valenzeva // *European Journal of Operational Research*. – 2001. – № 134(2). – P. 378–391.

169. Wascher G. An improved typology of cutting and packing problems / G. Wascher, H. Haußner, H. Schumann // *European Journal of Operational Research*. – 2007. – № 183. – P. 1109–1130.

170. Zarata J.C. The Multimode resource constrained multiproject scheduling problem: Alternative formulations/ J.C. Zarata, B.M. Hodge, G.V. Reclaitis // *AIChE Journal*. – 2008. – № 54 (8). – P. 2101–2119.

171. Програма розвитку і реформування житлово-комунального господарства м. Харкова на 2011-2020 роки [Електронний ресурс]: сайт Харківської міської ради – Харків, 2011. – Режим доступу http://www.gov.lica.com.ua/b_text.php?type=3&id=60702&base=27.

172. Закон України «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку» від 14.05.2015 р. // *Відомості Верховної Ради*. – 2015. – № 29.

173. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України у сфері комунальних послуг» від 16.07.2015 // *Відомості Верховної Ради*. – 2015. – № 60.

174. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10.01.2002 р. (зі змінами від 18.05.2017 р.) // *Відомості Верховної Ради*. – 2017. – № 52.

175. Постанова Кабінету Міністрів України № 1037 «Про запровадження перерахунку вартості послуги з централізованого опалення залежно від температури зовнішнього повітря» від 30.10.2015 // *Офіційний вісник України*. – 2015. – № 101.

176. Постанова НКРЕКП №303 «Про затвердження Порядку формування тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення» від 10.03.2016 р. // Офіційний вісник України. – 2016. – № 33.

177. Постанова НКРЕКП №303 «Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з централізованого постачання холодної води, водовідведення (з використанням внутрішньобудинкових систем)» від 10.03.2016 р. // Офіційний вісник України. – 2016. – № 33.

178. Протокол засідання комісії КП «Харківводоканал» з проведення відкритих слухань щодо встановлення тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення на 2018 рік – [Електронний ресурс.] – Режим доступу: http://vodokanal.kharkov.ua/files/protokol_8_8_2017.pdf.

179. Постанова НКРЕКП №460 «Про затвердження Звіту про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2016 році» від 30.03.2017 року [Електронний ресурс]: офіційний сайт НКРЕКП – Київ, 2017. – Режим доступу <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-zvitu-pro-rezultati-dijalnosti-nacionalno-doc309248.html>.

180. Указ Президента України від 27 серпня 2014 року № 694/2014 «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» // Офіційний вісник Президента України. – 2014. – № 37.

181. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» від 22.09.2016 р. // Відомості Верховної Ради. – 2016. – № 51.

ДОДАТОК А

Характеристика програмних систем управління ресурсним потенціалом *

Назва	Переваги	Недоліки
MS Project 2007	<ul style="list-style-type: none"> - ефективний аналіз графіків проектів і управління ними; - створення професійно оформлених діаграм і схем; - посилення контролю за ресурсами і фінансами; 	<ul style="list-style-type: none"> - установка в повному робочому варіанті і інтеграція вимагає досвідченого інженера; - складні цикли в роботі;
Time Line 6.5	<ul style="list-style-type: none"> - реалізація концепції багато-проектного планування в рамках організації; - гнучкі засоби підтримки формування звітів; - зняті обмеження на розмірність проектів; - достатньо потужні алгоритми роботи з ресурсами; - зберігання всіх даних в єдиній SQL-базі даних 	<ul style="list-style-type: none"> - відсутність можливостей опису і відображення ієрархії ресурсів організації; - через велику кількість інформації, пропонованої програмою, інтерфейс занадто перевантажений; - програма не розвивається, функціональні змоги не вдосконалюються.
Primavera SureTrak	<ul style="list-style-type: none"> - планування і складання розкладів для невеликих проектів; - інтуїтивний інструментарій для легкого опису проектів; - швидкий доступ до інтерактивних фільтрам, призначеним для побудови звітності в реальному часі і проведення аналізу методом критичного шляху; - створення описів ресурсів, які настроюються для створення додаткових більш ефективних звітів 	<ul style="list-style-type: none"> - відсутність засобів багатопроектного управління; - відсутність засобів фрагментації проектів; - менша розмірність проектів, ніж в аналогах; - прості засоби створення звітів.

Продовження таблиці А.1

Primavera Project Planner	<ul style="list-style-type: none"> - проектна інформація та результати реалізації як одного проекту, так і групи доступні для керівників, менеджерів компанії і всіх учасників системи; - координація, виявлення відхилень від стратегічного курсу компанії, - можливість внести коригуючий вплив в систему управління проектом; - ефективна взаємодія учасників проекту в рамках виконання загальної задачі. 	<ul style="list-style-type: none"> - слабкі можливості візуалізації графіки; - незручне подання звітів; - обмеження на кількість календарів; - обмеження на кількість контрольованих ресурсів
Open Plan	<ul style="list-style-type: none"> - відкрита архітектура з можливістю підключення зовнішніх додатків; - підтримка ієрархічних структур ресурсів; - розрахунок, прогнозування, аналіз і витрат відбувається автоматично; - аналіз ризиків; - робота з великим числом проектів; - розмежування доступу до інформації. 	<ul style="list-style-type: none"> - складність в освоєнні програми; - обмежена кількість операцій, які виконуються з ресурсами; - відсутність можливості моделювання доходів, ризиків, необхідних резервів; - досить дорогий продукт.
Spider Project	<ul style="list-style-type: none"> - розвинені алгоритми планування використання обмежених ресурсів; - можливість використання при складанні розкладу робіт взаємозамінних ресурсів; - можливість використання нормативно-довідкової інформації; - нескладне конфігурування 	<ul style="list-style-type: none"> - недоробки у програмній реалізації; - немає інструментів для інтеграції з іншими додатками

Характеристики робіт проекту 1 з реконструкції водопровідних мереж

№ операції	Найменування робіт	Тривалість Чол./год	Кількість днів згідно графіку	В день згідно графіку	Кількість осіб	Техніка	Витрати праці на водіїв обслуговуванн я спецадини, чол / год	Всього техніки	Всього дней
1	Підготовчі роботи (трасування магістралі)	60	2	30	3,8				
2	Розробка асфальтобетонного покриття тепломагістралі і виробництво земляних робіт при розрізі магістралі	3356,00	9	372,9	46,6	ескаватор одноковшевий	45,53	1,35	5,29
3	Демонтаж ж.б. лотків перекриття магістралі	1125	7	160,71	20,01	автомобіль бортовий, компресор пересувний, автогрейдер, молоток відбійний пневматичний	75,92	0,76 4,54 0,55 9,09	6,27
4	Демонтаж трубопроводів Ø 630 мм	962	7	137,42	17,17	автомобіль бортовий, компресор пересувний, автогрейдер, молоток відбійний пневматичний	75,92	0,76 4,54 0,55 9,09	6,27

Продовження таблиці А.2

5	Монтаж непрохідних каналів з лотків Л 11-2/8	608	4	76	9,5	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході, агрегат зварювальний пересувний	108,91	1,59 11,3 9 16,1 7	11,9
6	Цегляна кладка стін каналів окремими місцями	117	2	58,5	7,31				
7	Пристрій оглядових колодязів з блоків ФБС	302	5	60,4	7,25	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході			
8	Монтаж плит перекриття ПО-4 оглядових колодязів	210	3	70	8,75	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході	605,26	2,55 0,18	12,6
9	Монтаж трубопроводів магістралі з труб ППУ Ø 630/800	2347	17	138	17,25	автомобіль бортовий	1300	6	81
10	Виконання робіт по перевірці трубопроводів	545	2	272	34,06	автомобіль бортовий, агрегат ручного зварювання для	2,7	0,07 10,6	0,94
11	Установка ковзних хомутових опор	232	10	23,2	2,9				

Продовження таблиці А.2

12	Гідровипробування магістралі	24	2	12	1,5				
13	Пристрій муфтовий з'єднань трубопроводу	113	5	22,6	2,82	автомобіль бортовий	400	3	18
14	Монтаж лотків перекриття каналів з додаванням нових до 20%	608	3	152	19	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході, агрегат зварювальний пересувний	108,91	1,59 11,3 16,1	11,9
15	Пристрій цементно-піщаної стяжки 1 = 20 мм по ж.б. лоткам з ухилом	388	7	55,43	6,92	самоскид	113,43	3, 2	12,4
16	Пристрій двох пластів з поліетиленової плівки	174	2	21,75	2,71				
17	Пристрій цементно-піщаної стяжки 1=30-50 мм	395	7	56,42	7,05	самоскид	113,43	3,72	14,4
18	Зворотне засипання траншей магістралі піском з пошаровим трамбуванням і проливкою водою	601	8	75,125	9,39	бульдозер автомобіль бортовий компресор пересувний	3,2 3,1	1,28 0,27	0,98 0,95
19	Відновлення асфальтобетонного покриття доріг і тротуарів	443	3	147,67	18,18	компресор пересувний	107,9	2,7	6,78

Характеристики робіт проекту 2 з реконструкції водопровідних мереж

№ операції	Найменування робіт	Тривалість чол. / год	Кількість діб згідно графіку	В день згідно графіку	Кількість осіб	Техніка	Витрати праці водіїв на обслуговування спецмашини, чол. / год	Всього техніки
1.	Підготовчі роботи	4, 8	1	8				0,6
2.	Розробка ґрунту в траншеях та котлованах екскаваторами місткістю ковша 0,5 м ³ у відвал, група ґрунту 1 (530 м ³)		5	2	ескалатор одноковшевий	45,53	1,35	5,29
3.	Розробка ґрунту вручну в траншеях глибиною до 2 метрів без кріплень з укосами, група ґрунту 2 (98 м ³)	87 ,3	2	5				1,21
4.	Розбирання асфальтобетонних покриттів механізованим способом (29 м ³)		4	4	автомобіль бортовий, компресор пересувний, молоток відбійний пневматичний	205,92	0,76 4,54 9,09	6,27

5.	Розбирання щебених покриттів і підстав (56 м ³)		4	4	автомобіль бортовий, трактор на гусеничному ході	27,86	1,3 1,46	3,87
6.	Демонтаж сталевих водопровідних труб, діаметр труб 300 мм. (150 м.)		12	6	автомобіль бортовий, агрегат зварювальний пересувний, бульдозер, кран-трубоукладач	598,14	0,45 30,04 0,26 18,39	12,3
7.	Демонтаж чавунних засувок і клапанів зворотних діаметром 100, 300 мм. (6 шт.)	8, 1	4	7	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході	9,75	1,7 4,2	3,7
8.	Демонтаж чавунних засувок і клапанів зворотних діаметром 80 мм. (2 шт.)	3, 85	1	3	автомобіль бортовий	3,85	0,03	0,96

9.	Демонтаж пожежних гідрантів (2 шт.)	2, 71	1	3	автомобіль бортовий	2,32	0,16	0,87
10.	Демонтаж люків (5 шт.)	1, 2	1	5	автомобіль бортовий	1,8	0,45	0,82
11.	Пристрій піщаної основи під трубопроводи (15 м ³)	2, 8	1	3	самоскид	2,2	5,96	0,91
12.	Укладання трубопроводів з поліетиленових труб діаметром 300 мм з гідравлічним випробуванням (150 м ³)		12	6	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ходу, агрегат зварювальний пересувний	605,26	2,55 0,18 16,17	12,6
13.	Укладання труб напірних ПВХ, зовнішній діаметр 315 мм. (151, 5 м.)		1	3	автомобіль бортовий	15,14	0,47	0,94
14.	Установка поліетиленових відводів, колін, патрубків, переходів (10 шт.)		1	4	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ходу, агрегат для зварювання поліетиленових труб	12,27	0,03 0,02 5,77	0,38

15.	Установка муфт ПВХ, зовнішній діаметр 315 мм. (4 шт.)	15,7	2	3				2,8
16.	Установка коліна ПВХ, зовнішній діаметр 315 мм. (2 шт.)	7,9	1	3				0,87
17.	Установка фланця-патрубка, діаметра 300 мм. (9 шт.)	38,8	5	3				2,71
18.	Установка чавунних засувок і клапанів зворотних, (12 шт.)	39,66	8	19	автомобіль бортовий кран на автомобільному ході	6,95	0,21 0,82	7,93
19.	Приварка фланців діаметром 80 мм. до сталевих трубопроводів (10 шт.)	26,5	5	5	агрегат зварювальний пересувний	12,8	1,9	4,8
20.	Установка фланців з вуглецевої сталі, діаметр 100 мм. (1 шт.)	53,17	9	8				8,8
21.	Установка сталевих зварних фасонних частин діаметром 300-800 мм. (0,4 т.)	202,1	12	5	автомобіль бортовий, кран на автомобільному ході, агрегат зварювальний пересувний	108,91	1,59 11,39 16,17	11,9
22.	Установка пожежних гідрантів (2 шт.)	7,21	1	3	автомобіль бортовий	3,1	0,27	0,95

23.	Врізка штуцерів діаметром 100 мм. (2 шт.)	4, 98	1	4	автомобіль бортовий, агрегат зварювальний пересувний	2,9	1,31 1,9	0,98
24.	Установка труб сталевих, діаметр 325 мм. (0,8 м.)	2, 41	1	2				2,41
25.	Приварка фланців до сталевих трубопроводів діаметром 300 мм. (2 шт.)	7, 18	1	3	автомобіль бортовий, агрегат для ручного зварювання	2,7	0,074 10,68	0,94
26.	Промивання з дезінфекцією трубопроводів діаметром 300 мм. (150 м.)	21 ,3 9	4	2				4,1
27.	Засипка траншей і котлованів бульдозерами при переміщенні ґрунту до 5 метрів група ґрунту 2 (370 м ³)	4, 74	2	5	бульдозер	6,4	2,40	1,92
28.	Засипка вручну траншей, пазух котлованів і ям, група ґрунту 2 (52 м ³)	5, 9	2	4				0,73
29.	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунту 1-2 (490 м ³)	4, 2	7	2	компресор пересувний	107,9	2,7	6,78
30.	Установка люка чавунного для колодязя (5 шт.)	11 ,2	2	3	автомобіль бортовий	4,7	0,75	1,98

Наукове видання

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВІДНОВЛЮВАНИХ РОБІТ НА ІНФРАСТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТАХ

ЧУБ Ольга Ігорівна
НОВОЖИЛОВА Марина Володимирівна

Монографія

Відповідальний за випуск *О.Б.Костенко*
За редакцією авторів
Комп'ютерне верстання *Н.А.Шульга*
Дизайн обкладинки *О.Васянович, І. Пшеничний*

Підп. до друку 23.11.2017
Надруковано на ризографі
Тираж 300 прим.

Форм. 60x84 /16
Умовн. друк. арк. 9,3
Зам. № 555

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017