

## 1.8 ОПТИМІЗАЦІЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА ВОДОПОСТАЧАННЯ

Тимофєєв В.О., Чуб О.І.

The analysis of the characteristics and functions of housing and utilities sector of Ukraine, in particular, the state of water and sanitation utilities has been performed. Obtained are components of utilities resource potential. We consider the formulation of a multicriterial resource scheduling problem of repair departments of utilities as a problem of optimal placement. The reduction technique of the multicriterial problem to a set of one-criterion problems has been proposed.

Центральне місце в господарському комплексі України займає житлово-комунальне господарство (ЖКГ) як невід'ємна складова регіональної організаційно-економічної системи, основа життєзабезпечення мегаполіса, його інфраструктурний потенціал, який є базовим для формування економічного потенціалу територій. До комплексу житлово-комунальних підприємств відноситься і водопровідно-каналізаційне господарство (ВКГ), функціями якого є здійснення водопостачання і водовідведення, виконання ремонтно-будівельних робіт на своїх об'єктах, включаючи роботи щодо заміни і реконструкції водопровідних мереж та мереж водовідведення.

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

Таким чином, ЖКГ є складною багатоелементною динамічною організаційно-економічною системою, стан якої визначає економічні, соціальні, екологічні умови і тенденції розвитку регіону.

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

Критичний рівень зносу основних фондів, зростаюча заборгованість населення з оплати наданих послуг водопостачання та водовідведення поряд з підвищенням вимог до їх якості, висока енергозалежність

комунальних підприємств (КП), обмеженість наявних ресурсів, необхідність врахування різних (економічних, соціальних, екологічних та ін.) критеріїв ефективності роботи КП – всі ці та інші чинники підвищують актуальність проблеми оптимального управління ресурсним потенціалом КП з метою забезпечення своєчасної реновації їх основних фондів.

Під ресурсним потенціалом підприємства будемо розуміти 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.

Управління ресурсним потенціалом комунального підприємства в якості базової складової включає процес стратегічного і оперативного планування. Для вирішення проблеми оптимального планування в сучасних умовах динамічно мінливого зовнішнього і внутрішнього середовища комунального підприємства необхідна розробка і реалізація комплексу математичних моделей, оптимізаційних методів та інформаційних технологій, які в сукупності складають інструментальні засоби підвищення ефективності використання наявних ресурсів на основі врахування специфіки функціонування ремонтно-будівельних організацій (РБО), що дозволяє застосувати мультипроектний підхід до процесу управління.

Відзначимо, що поняття «потенціал» широко застосовується в економічній теорії і практиці господарювання як кількісна оцінка наявних ресурсів, які дозволяють досягти економічного ефекту.

Конкретизуємо поняття ресурсного потенціалу стосовно підприємств комунального господарства і його підрозділів. Ресурсний потенціал КП водопостачання в цілому і його ремонтно-будівельної організації зокрема як множинна характеристика, представлений на рис. 1.

Характеризуючи особливості ресурсного потенціалу КП водопостачання, відзначимо високу питому вагу 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. При цьому парку машин і механізмів притаманний високий рівень фізичного і морального зносу, що викликає необхідність придбання спеціальної багатофункціональної техніки.

Матеріальні ресурси характеризуються високим рівнем витрат енергоресурсів.

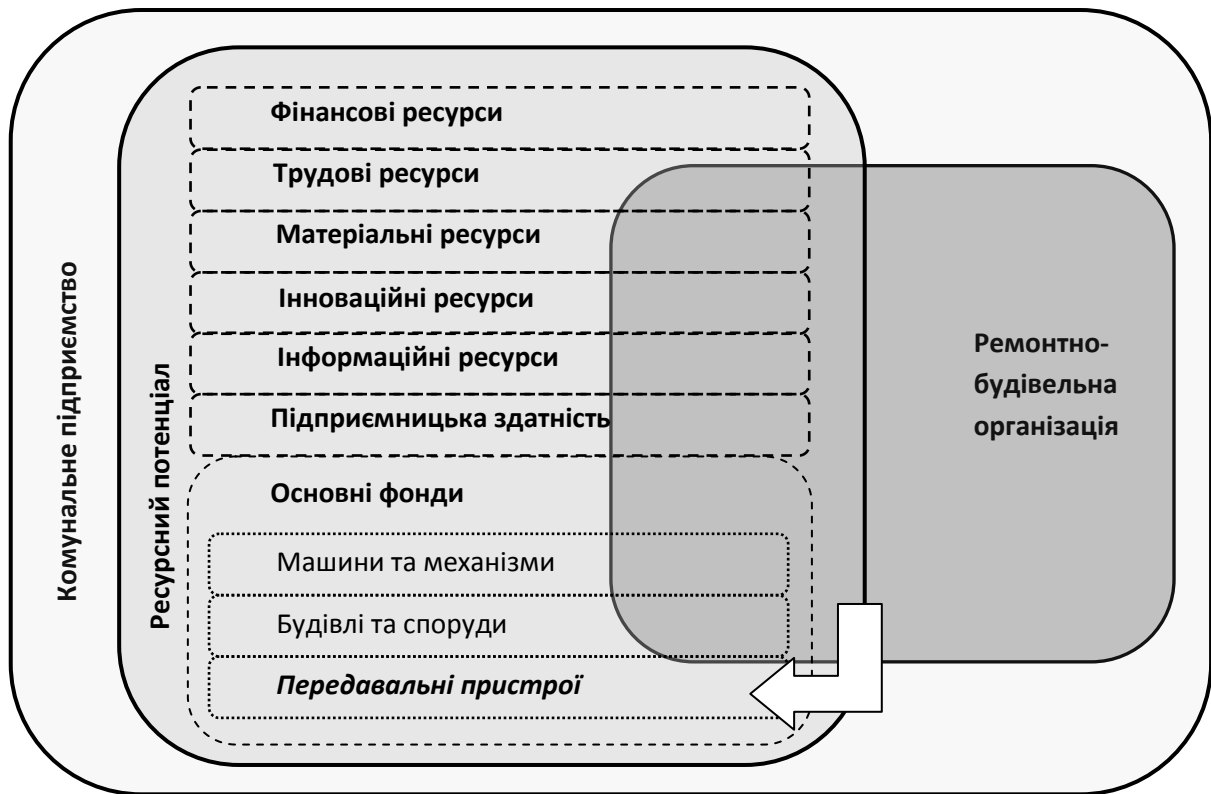


Рисунок 1 – Взаємозв'язок ресурсних потенціалів КП водопостачання та РБО

Інноваційні ресурси включають управлінські інновації, які спрямовані на вдосконалення систем управління та господарювання ЖКГ. В даному контексті вельми перспективним є розвиток програмно-цільового підходу, орієнтованого на результат, і такої його реалізації, як управління проектами.

Отже, управлінські інновації забезпечують не тільки якісну зміну ресурсної бази підприємства, але й прогресивний перехід на якісно інший рівень його діяльності: від цінового фактора – до якості товарів і послуг, якості технологій, до якості 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.

Інформаційні ресурси включають: інформаційні технології обліку, контролю і управління, як білінгові і клінінгові системи, автоматизовані системи контролю та обліку енергоносіїв, геоінформаційні системи. Крім того, активно експлуатується інтернет-простір, розширюється присутність КП в соціальних мережах, що спрощує зв'язок з абонентами.

Такий тип ресурсу як підприємницька здатність розглядається в контексті вдосконалення підприємницького економічного механізму в даному виді економічної діяльності, який характеризується обмеженими можливостями для розвитку конкуренції. КП водопостачання – природний монополіст. Тому в даному випадку особливий інтерес представляють приватно-державний і муніципально-приватний [1] види партнерства. В рамках останнього між муніципалітетом і приватним підприємством формуються взаємовигідні договірні відносини, які можуть приймати самі різні форми: сервісний контракт, договір на управління, договір короткострокової і довгострокової оренди, лізингу та концесії і т.д., 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 по мобілізації необхідних типів ресурсів для використання з метою забезпечення сталого зростання підприємства в майбутньому.

Серед набору ресурсів, які забезпечують функціонування та розвиток комунального господарства мегаполісу, в тому числі діяльність ремонтно-будівельної організації, далі зосередимося на множині фінансових ресурсів, основних фондів, трудових ресурсів і матеріальних ресурсів.

*Постановка задачі планування ресурсного потенціалу ремонтно-будівельної організації комунального підприємства як задачі розміщення.*

Процес функціонування РБО є безперервною послідовністю проектів як сукупності ремонтно-відновлювальних робіт, тобто носить дискретно-континуальний характер. При цьому кожен окремих проект складається з скінченної множини робіт. Для виконання кожної роботи необхідні певні види ресурсів, які є вкрай обмеженими. З іншого боку, як показує аналіз, кількість необхідних ремонтних робіт значно перевершує потужності підприємства.

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:

$$(Q^*, R^*) = \operatorname{argextr} K(Q, R) \text{ причем } (Q, R) \in D, \quad (1)$$

де  $K(Q, R)$  – векторний критерій ефективності;  $D$  – область допустимих рішень задачі, яка визначається обмеженнями на різні типи ресурсів;  $Q$  – кількість виконаних робіт;  $R$  – види використаних ресурсів.

У роботах [2, 3] запропоновано математичні моделі та оптимізаційні методи розв'язання задач управління ресурсним потенціалом, створені із застосуванням теорії оптимізаційного геометричного проектування [4]. Даний підхід дозволяє представляти деякі властивості досліджуваних об'єктів, (тривалість у часі, вартість тощо) як геометричні характеристики; умови часткової впорядкованості робіт – як умови розміщення об'єктів; враховувати інтервали часу між роботами як відстані (які можуть змінюватися) між об'єктами, що дозволяє визначити найкращий варіант при досягненні глобального мінімуму цільової функції.

Отже, нехай деякий проект  $T \in$  множиною  $\{T_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , робіт (операцій), де  $N$  – загальна кількість ремонтних робіт.

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

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

Таким чином, кортеж  $R_j = \{d_j, r_{j2}, \dots, r_{jM}\}$  представляє обсяги часового і матеріальних ресурсів, необхідних для виконання роботи  $T_j$  в цілому.

Зауваження 1. Добуток  $r_{j2} \times \dots \times r_{jM}$  визначає ресурсомісткість роботи  $T_j$ .

Робота  $T_j$ , розглянута в  $M$ -вимірному просторі ресурсів, графічно може бути представлена як  $M$ -мірний гіперпаралелепіпед  $T_j$  – надалі об'єкт, причому кількість необхідних для роботи  $T_j$  ресурсів з урахуванням часу її виконання задається вектором  $m_j = \{d_j, r_{j2}, \dots, r_{jM}\}$ .

Зауваження 2. 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.

Розміщення  $T_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , в просторі ресурсів визначається вектором  $(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM})$ , пов'язаних з деякою вершиною об'єкта  $T_j$ .

Нехай також в кожен момент часу в межах горизонту планування  $\mathfrak{Z}$

РБО має в своєму розпорядженні набір різних ресурсів,  $k = 2, \dots, M$ . Величини  $\{T, R_k\}$  формують область розміщення  $T_0$  в просторі ресурсів.

Важливою характеристикою проекту є наявність часткового впорядкування на множині робіт  $T$  виду  $T_i < T_j$ ,  $(i, j) = 1, 2, \dots, N, i \neq j$ , певне конкретної послідовності виконання робіт. Відношення упорядкування задаються за допомогою мережевої моделі.

Задача полягає у визначенні такого розподілу робіт у часі, при якому величина ресурсів кожного  $k$ -го виду на виконання робіт була б мінімальною.

Зауваження 3. Якщо для деякої задачі оптимального планування ресурсів проекту мають місце обмеження  $\sum_{j=1}^N r_{jk} \leq R_k^*$ ,  $k = 3, \dots, M$ , то такі

задачі належать до класу задач з необмеженими ресурсами.

Облік властивості багатовимірності 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  $k$  ресурсу. Висота шарів визначається величинами  $\{R_3, \dots, R_M\}$ .

Тоді геометричний образ кожної роботи  $T_j$  в тепер уже тривимірному просторі ресурсів видається не звичайним паралелепіпедом, а об'єктом складної просторової форми, що представляє собою скінчений набір паралелепіпедів.

Отже, необхідно розмістити множину об'єктів  $T_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , введених вище, без взаємних перетинів в області розміщення  $T_0$  з метою мінімізації загального об'єму області. З точки зору задачі процесу планування ресурсів проекту дана постановка означає найбільш ефективне використання ресурсів при мінімальному терміні виконання множини робіт.

Умови розміщення геометричного об'єкта  $T_j$  в області  $T_0$  вигляду

$$T_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM}) \subset T_0, j=1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

означають виконання роботи  $T_j$  власними ресурсами РСО.

Далі, роботи множини  $T_j$  не можуть використовувати один і той же ресурс одночасно (наприклад, один вантажний автомобіль не може одночасно обслуговувати дві бригади, які працюють на двох віддалених

об'єктах). Отже, мають місце умови взаємного попарного неперетину вигляду

$$\text{int } T_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iM}) \cap \text{int } T_j(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jM}) = \emptyset, i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j. \quad (3)$$

Умова часткового упорядкування означає, що робота  $T_\xi$  починається в момент закінчення роботи  $T_\eta$ , якщо має місце

$$T_\xi < T_\eta, \eta, \xi = 1, 2, \dots, N, \quad \text{или} \quad x_{\xi 1} - x_{\eta 2} - d_\eta = 0. \quad (4)$$

Для побудови цільового функціоналу даної задачі введемо додаткові змінні  $\mathfrak{Z}^{\text{cr}}$ ,  $R_2^{\text{cr}}$  и  $R^{\text{cr}}$  такі, що  $\mathfrak{Z}^{\text{cr}} = \max_{j=1, \dots, N} (x_{j1} + d_j)$ ,  $R_2^{\text{cr}} = \max_{j=1, \dots, N} (x_{j2} + r_{j2})$ ,

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

Відзначимо при цьому, що значення змінної  $\mathfrak{Z}^{\text{cr}}$  визначає довжину критичного шляху виробничої програми.

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

$$\Psi(u) = \mathfrak{Z}^{\text{cr}} \times R_2^{\text{cr}} \times R^{\text{cr}}, \quad (5)$$

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

У загальному випадку оптимізаційна математична модель задачі є такою:

$$\text{знайти:} \quad u^* = \arg \min_{u \in D \subset E^\varphi} \Psi(u), \quad (6)$$

де функція мети  $\Psi(u)$  задається виразом (5), а область допустимих рішень  $D$  описується множиною обмежень (2-4).

Задача (6) допускає наступну еквівалентну постановку як багатокритеріальна оптимізаційна задача вигляду

$$\min_{u \in D \subset E^\varphi} \{ \mathfrak{Z}^{\text{cr}}, R_2^{\text{cr}}, R^{\text{cr}} \}. \quad (7)$$

При цьому невизначеність завдання ресурсів робіт або зміну часу їх виконання можна інтерпретувати як змінність метричних характеристик об'єктів розміщення (робіт) в заданих інтервалах.

*Методика зведення задачі (7) до однокритеріальної постановки.*

В роботі використовується 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  $\mathfrak{Z}^{\text{cr}}$  виконання комплексу ремонтних робіт.

Таким чином, задача (7) може бути представлена у вигляді послідовності наступних однокритеріальних задач:

1. Задача визначення критичного шляху вигляду:

$$\mathfrak{Z}^{cr*} \rightarrow \min_{u \in D \subset E^{\mathcal{N}}} , \quad (8)$$

2. Впорядкована множина скалярних задач мінімізації інших ресурсів (всього  $M - 1$  таких задач) з функціями цілі  $R_2^{cr}$  і  $R_k^{cr} = \max_{j=1,2,\dots,N} (x_{jk} + r_{jk})$ ,  $k=1,\dots,M$ .

Умови (4), що задають порядок розміщення об'єктів, значно скорочують множину можливих розміщень кожного об'єкта (роботи).

В якості базового методу розв'язання на першому етапі досить розглянути модифікований метод послідовно-одиначного розміщення [4].

Обчислювальний експеримент на прикладі оптимізації проектів виконання робіт по реконструкції водопровідних мереж м Харкова [5] показав високу ефективність розробленого підходу.

#### Література

1. Сиваев С.Б. Частный бизнес в коммунальном секторе: практика развития/ С.Б. Сиваев. – М.: Фонд «Институт экономики города». – 2008. – 12с.

2. 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.

3. 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.

4. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наукова думка, 1986. – 266 с.

5. 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.