

Досліджено процеси управління вартістю будівельно-енергетичних проектів. Виявлено недостовірність результатів застосування класичних методів для планування їх вартості. Обґрунтовано необхідність створення таких методів планування вартості, які будуть враховувати специфіку даних проектів. Сформовано метод планування вартості будівельно-енергетичних проектів, який враховує зміну вартості ресурсів з часом, інвестиційні та часові обмеження проекту

Ключові слова: метод, планування, вартість, будівельно-енергетичний проект, довгостроковість, ресурсомісткість

Исследованы процессы управления стоимостью строительно-энергетических проектов. Выявлена недостоверность результатов применения классических методов для планирования их стоимости. Обоснована необходимость создания таких методов планирования стоимости, которые будут учитывать специфику данных проектов. Сформирован метод планирования стоимости строительно-энергетических проектов, который учитывает изменение стоимости ресурсов во времени, инвестиционные и временные ограничения проекта

Ключевые слова: метод, планирование, стоимость, строительно-энергетический проект, долгосрочность, ресурсоемкость

УДК 65.012.25

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75515

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ В БУДІВЕЛЬНО- ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЕКТАХ

В. М. Бабаєв

Доктор наук з державного управління,
професор, ректор*

E-mail: babaev@kname.edu.ua

М. К. Сухонос

Доктор технічних наук,
доцент, проректор з наукової роботи*

E-mail: Sukhonos.maria@mail.ru

А. Ю. Старостіна

Кандидат технічних наук,
начальник науково-дослідної частини*

E-mail: Starostina-2010@yandex.ua

І. В. Білецький

Кандидат технічних наук, асистент*

E-mail: Beletskyi.igor@mail.ru

*Кафедра управління проектами в
міському господарстві та будівництві
Харківській національній університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова

вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

Процес старіння енергообладнання в Україні наростає, знижується його працездатність, відмовостійкість та безпека і, в той же час, об'єми фінансування інвестиційних програм щороку знижуються. В таких умовах застосування традиційних підходів стратегічного управління майже неможливо. Вже сьогодні Україна починає стикатися з необхідністю реалізації величезної кількості проектів, спрямованих на підвищення надійності і ефективності енергетичного сектору держави завдяки реконструкції існуючих і будівництва нових енергетичних об'єктів в умовах недостатності інвестиційних коштів. На жаль, таке положення справ в енергетичній сфері спостерігається не тільки в Україні, а і в багатьох країнах, які історично та територіально близькі до України.

Оскільки ці проекти є складними, міжгалузевими, характеризуються великою ресурсоемністю та довгостроковим періодом своєї реалізації, при плануванні кошторису будівельно-енергетичних проектів (БЕП) необхідно враховувати фактор зміни вартості деяких ресурсів у часі. Також необхідно приймати до уваги те, що БЕП реалізуються в класичних для проектів обмеженнях, тобто має встановлені інвестиційні та часові параметри.

Окремі питання управління проектами, а також використання методології проектного менеджменту у будівельних процесах в енергетичній галузі, є предметом дослідження багатьох вчених. Але разом з тим, на сьогодні залишаються недостатньо дослідженими базові положення управління вартістю БЕП, як найбільш критичного показника для цих проектів.

У роботах [1–4] формалізовано процеси планування вартості проектів, але питання зниження вартісної ентропії ще на перших етапах життєвого циклу таких високотехнологічних проектів як БЕП, та формування реалістичного кошторису в них розглянуті недостатньо повно. Все це унеможлиблює реалізацію БЕП на запланованому рівні через недостовірність отриманих при використанні класичних методів планування вартості кошторисів БЕП, які завідомо знижують необхідний розмір інвестицій, який потрібен для їх реалізації. Це призводить до перевитрат коштів проекту, до зміни термінів їх реалізації, або до закриття проекту взагалі. Що, приймаючи до уваги значимість реалізації БЕП для країни та добробуту населення, є вкрай небажаним.

Все це актуалізує необхідність створення нових методів управління вартістю БЕП, які будуть враховувати їх специфічні риси, а саме: складність, довготривалість, ресурсомісткість та наявність великої кількості

ресурсів. Та базуватимуться на теорії зміни вартості грошей з часом, і враховуватимуть інвестиційні та часові обмеження, які притаманні проектам даного роду.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Сучасна теорія проектного менеджменту, представлена в [5], виділяє десять класичних методів і інструментів, які можуть бути застосовані для оцінки вартості проектів. Однак серед них не всі є актуальними для БЕП, адже дані проекти мають ряд специфічних характеристик, які визначені у [6], а саме:

- змістовна складність (наявність ознак будівельного, інноваційного, технологічного, організаційного та системного характеру);
- наявність великої кількості різноманітних ресурсів;
- довготривалість проектів, а отже змінність вартості ресурсів у часі;
- велика кількість стейкхолдерів, а отже і різноманітність вимог.

Так, наприклад, запропоновані в [5] такі методи як експертна оцінка, оцінювання за трьома точками та оцінка за аналогами дають суб'єктивні результати, тобто у значній мірі залежать від особи, яка приймає рішення про вартість проекту. Однак ці методи можуть бути застосовані для оцінювання окремих компонентів проекту. У якості недоліку, доцільно виділити високу вартість проведення методу експертних оцінок та оцінювання за трьома точками. В свою чергу, оцінка за аналогами дає лише орієнтовну вартість проекту.

Запропоновані у [5] такі інструменти оцінки вартості проекту як «аналіз резервів» та «вартість якості» можуть бути застосовані для прогнозування затрат, необхідних для забезпечення деяких складових БЕП. Однак для формування реалістичного кошторису БЕП застосування лише даних методів є недостатнім.

Групові методи прийняття рішень, які пропонуються в [5], є громіздкими, і тому мають високу вартість. Але при умові коректної сукупності спеціалістів можуть дати точний результат, що робить дані методи привабливими для керівників проектів. У разі застосування групових методів прийняття рішень для БЕП є доцільним сформулювати декілька груп спеціалістів, які будуть приймати участь у оцінці вартості проекту.

Окрім цього, існує метод оцінювання вартості проекту, який засновано на використанні програмного продукту [5]. Даний метод є дієвим та поширеним, адже розрахунки проводяться автоматично, на базі вихідних даних. Але він має високу вартість, за рахунок вартості самого програмного забезпечення, та навчання спеціаліста, який володіє навиками роботи у програмі. Окрім цього, результат даного методу багато у чому залежить від якості вихідних даних, які були використані.

Аналіз пропозицій постачальників є найточнішим методом, але за його допомогою складно оцінити вартість усього проекту, так як далеко не всі роботи виконуються за участі постачальників, підрядників, тощо.

Параметричне оцінювання є складним методом, який краще всього застосовувати до проектів, які мають незначний масштаб, та коли відомі усі обсяги за проектом і їх нормативна вартість. Однак БЕП є

проектами, які характеризуються високою змістовною складністю, тому застосування даного методу можливе лише для оцінки вартості деяких його складових.

І останній метод, який представлений в [5], є метод оцінки «знизу-вгору», він базується на структурній декомпозиції робіт (WBS) проекту, передбачає спочатку оцінювання найменших робіт, потім їх покрокове сумування, до найвищого рівня – тобто до оцінки вартості проекту взагалі. Даний метод можна застосовувати для всіх проектів, але він багато у чому залежить від коректно сформованої структурної декомпозиції робіт проекту, яку для великих проектів, таких як БЕП, складно, а інколи і не потрібно розробляти детально.

Зважаючи на представлені вище характерні риси БЕП, доцільним є зазначити, що використання лише одного із перелічених методів для створення реалістичної оцінки вартості проекту є неможливим. Причиною цього є та обставина, що деякі з методів є взаємопов'язаними (тобто одні методи створюють частину вихідних даних для інших), та жоден не оцінює вплив зовнішнього оточення на вартість проекту.

Аналіз періодичної літератури [7–12], у якій розглядаються питання управління вартістю будівельних проектів, показав, що традиційні оцінки доречно комбінувати, доопрацьовувати та удосконалювати.

Так, наприклад, у [7] автори пропонують базувати оцінку проекту на компетенціях задіяного персоналу, що є актуальним, але не може виступати ключовим параметром оцінювання для БЕП через їх значну ресурсомісткість.

Автори [8] базують оцінку проекту на його WBS, що, як вже відзначалося вище, є результативним та достовірним підходом, але багато в чому залежить від якості WBS. Окрім цього, для БЕП WBS доцільно будувати у програмному продукті, так як БЕП мають значний масштаб, і тому WBS є громіздкою і складною в роботі.

Наявність значної кількості стейкхолдерів, є одним із ключових аспектів для формування вартості на думку авторів [9]. Однак БЕП є проектами, які мають високу технологічну складність, що не завжди дозволяє задовольнити усі вимоги зацікавлених сторін, тому застосування даного методу для даних проектів у чистому вигляді є не зовсім коректним.

В [10] увага авторів акцентується на аналізі причинно-наслідкових зв'язків проекту, як таких, які впливають на тривалість і продуктивність будівельних проектів, а отже і на їх вартість. Але у даній роботі аналізуються внутрішні змінні фактори проекту і зв'язки між ними та не розглядається вплив ближнього та дальнього зовнішнього середовища проекту, що для БЕП, враховуючи їх значимість і наявність великого кола стейкхолдерів, є неприйнятним.

У [11] пропонується задля отримання оптимального кошторису проекту застосовувати програмний продукт Last Planner System, який дозволяє вносити до первинного плану проекту коригування і розраховувати альтернативні кошториси. Однак даний підхід до прогнозування вартості проекту базується на традиційних методах оцінки, які, як вже відзначалося раніше, не можуть сформулювати реалістичний кошторис БЕП. Окрім цього БЕП мають високий рівень унікальності і технологічності, що виключає можливість формування альтернативних кошторисів. Тому засто-

сування Last Planner System, для планування вартості БЕП є недоцільним.

У [12] автори акцентують увагу на тому, що будівельні проекти є ризиковими. Зокрема, виділяють ризик браку коштів, як причину нестачі ресурсів проекту. Автори застосовують метод Монте-Карло для аналізу ризиків проекту, зокрема їх вартісної оцінки, на основі якої будується кошторис проекту. Даний метод можна застосовувати і для БЕП, однак його використання є доцільним на кроці аналізу ризиків, а всі інші вартісні параметри проекту пропонується розраховувати за допомогою традиційних методів. Це призводить до появи складних та громіздких методів розрахунку вартості БЕП, які не підтримуються у повній мірі одним програмним продуктом і тому мають високу вартість і складні у застосуванні. А це, в свою чергу, для прогнозування вартості БЕП є небажаним.

Однак жоден з представлених методів, як у РМВОК Guide, так і в розглянутих роботах, не враховує того факту, що ресурси проекту з часом змінюють свою вартість. А з огляду на те, що БЕП є ресурсомісткими та довгостроковими, даний фактор необхідно враховувати при прогнозуванні вартості БЕП.

Тобто, існує не вирішена проблема, яка полягає у відсутності методів управління вартістю БЕП, які враховуватимуть специфічні риси даних проектів, їх обмеження, та базуватимуться на теорії змінності вартості ресурсів у часі.

3. Ціль та задачі дослідження

Метою роботи є розробка моделей і методів управління плануванням вартості будівельно-енергетичних проектів з урахуванням того, що деякі ресурси змінюють свою вартість з часом, мають інвестиційні обмеження, та визначені терміни реалізації.

Для досягнення поставленої мети сформовано наступні завдання:

- удосконалити процеси управління вартістю БЕП шляхом розробки методу планування вартості будівельно-енергетичних проектів;

- математично формалізувати процес планування вартості БЕП шляхом побудови його прогнозової вартісної моделі;

- провести апробацію методу планування вартості будівельно-енергетичних проектів.

4. Розробка методу планування вартості БЕП з урахуванням змінності вартості ресурсів у часі та їх обмеженості

Головною метою планування вартості БЕП є створення кошторису, який є основним документом для формування графіку фінансової активності проекту на його інвестиційній фазі. Кошторис проекту передбачає рознесення коштів за часовим параметром, з їх подальшим сумуванням, що в теорії та практиці управління проектами реалізується шляхом агрегування та кумуляції [13].

Приймаючи до уваги специфіку БЕП, метод планування його вартості доцільно розробляти базуючись на наступних тезах:

- БЕП є складними та масштабними проектами, що потребує залучення управлінців високої кваліфікації, які володіють предметною областю проекту. Окрім цього, необхідно приймати до уваги той факт, що не всі ці ресурси можна залучати у будь-який момент часу і в повній мірі, тобто існує ряд певних обмежень. Тому є доцільним виділити у методі планування вартості БЕП окремий механізм оцінювання витрат, необхідних для забезпечення управління БЕП, тобто на організаційну складову проекту;

- за рахунок того, що БЕП є міжгалузевими і характеризуються великим обсягом ресурсів, складним технологічним процесом та наявністю інноваційної і системної складових, є доречним виокремити в методі планування вартості БЕП розрахунок їх вартості в окремий механізм;

- зважаючи на ресурсомісткість БЕП та специфічність деяких ресурсів, яка полягає у їх індивідуальності для кожного проекту, тривалості періоду виготовлення та високій вартості, є доцільним при плануванні вартості БЕП враховувати фактор зміни вартості ресурсів з часом, тобто включити до методу планування вартості БЕП процедуру приведення до одного моменту часу;

- окрім вищезазначеного БЕП має певні обмеження інвестиційного та часового характеру, що також необхідно враховувати при розробці методу планування вартості БЕП.

Таким чином, було прийнято рішення метод планування вартості БЕП розділити на три етапи:

- 1) розрахунок вартості організаційної складової проекту;

- 2) розрахунок вартості будівельної, технологічної, системної, інноваційної складових проекту;

- 3) визначення загальної вартості БЕП.

Причому, необхідно зазначити, що перші два етапи можуть виконуватися паралельно, а після їх завершення виконується третій етап.

Етап 1. Розрахунок вартості організаційної складової будівельно-енергетичного проекту

До вартості управління відносяться витрати, покликані зменшити невиробничі витрати і наблизити виконання проекту до ідеального технологічного рівня, тобто ідеального технологічного виконання проекту без всякого управління і невиробничих витрат. У цьому сенсі всі процеси управління проектами (УП), описані в РМВОК Guide, є невиробничими і витрати на їх застосування відносяться до вартості управління. Сам набір процесів РМВОК і віднесення кожного з процесів до однієї з областей знань або групі процесів УП, є основою для класифікації складових вартості управління проектом.

Згідно з РМВОК Guide, витратами на УП є витрати, понесені при виконанні будь-якого з процесів, описаного в стандарті і застосованого в проекті. Ці витрати можна далі групувати і підсумовувати або по групах процесів: «Ініціація», «Планування», «Виконання», «Контроль», «Завершення», або за галузями знань УП: «Управління інтеграцією», «Управління змістом, термінами і вартістю», «Управління якістю», «Управління персоналом», «Управління комунікаціями», «Управління ризиками», «Управління контрактами».

Припустимо, що для управління БЕП необхідно виконати M управлінських функцій ($i=1, \dots, M$), кожна з

яких характеризується наявністю інтервалу виконання t_i , та набором навиків та умінь h_i у ресурсів, необхідних для її реалізації.

Нехай існує сукупність ресурсів R , у якій кожен ресурс r_k ($k=1, \dots, R$) має свій інтервал доступності t_k , і свій набір навиків та умінь h_k , за допомогою якого він може виконувати повністю чи частково ту чи іншу управлінську функцію m_i .

Окрім цього, кожен ресурс має свою вартість C_k . Вартість ресурсу може бути скоригована за допомогою коефіцієнту a_{ki} . При повному використанні усіх навиків ресурсу для виконання управлінської функції m_i , a_{ki} буде дорівнювати одиниці. А при застосуванні ресурсом не всіх його навиків, коефіцієнт a_{ki} буде мати вигляд доли від одиниці. Тобто коефіцієнт a_{ki} може приймати будь-яке значення у інтервалі $[0-1]$.

Для ефективної реалізації проекту необхідним є виконання умови:

$$\sum_{i=1}^M h_i = \sum_{k=1}^R h_k, \tag{1}$$

де M – кількість управлінських функцій, шт.; h_i – набір навиків та умінь, необхідних для виконання управлінської функції m_i ($i=1, \dots, M$); R – кількість ресурсів, необхідних для виконання проекту, шт.; h_k – набір навиків та умінь кожного ресурсу r_k ($k=1, \dots, R$).

Припустимо, що всі необхідні для реалізації управлінських функцій ресурси є у наявності, у відповідні інтервали часу, тобто виконується умова:

$$t_i = t_k, \tag{2}$$

де t_i – інтервал часу, у якому виконується управлінська функція m_i ($i=1, \dots, M$), год.; t_k – інтервал часу, у який є доступним ресурс r_k ($k=1, \dots, R$), год.

Для визначення вартості ресурсів, необхідних для виконання усіх управлінських функцій проекту, застосуємо матрицю призначень. Дана матриця є графічною моделлю розподілу ресурсів у їх вартісному вимірі по управлінським функціям, в кожен інтервал часу t_i . Стівпцями матриці є інтервали часу t_i реалізації управлінських функцій, а рядками матриці є ресурси, необхідні для їх виконання. В клітинках матриці вказується вартість навиків та умінь ресурсу, скоригована на коефіцієнт a_{ki} . Даний коефіцієнт показує масову долю компетенцій ресурсу, яка використовується для виконання тої чи іншої управлінської функції проекту. Сума усіх коефіцієнтів a_{ki} за окремим ресурсом має становити одиницю. У разі, якщо у якомусь інтервалі t_i не виконується жодної управлінської функції, представленим у рядку ресурсом, тоді клітинка залишається порожньою, а при розрахунку прирівнюється нулю. Приклад матриці призначень для проекту представлено на рис. 1.

Таким чином, вартість виконання управлінських функцій проекту C_o розраховується шляхом сумування усіх значень матриці.

Окрім витрат на призначення, до витрат на управління БЕП відносяться витрати на інструментарій C_p , який забезпечує виконання функцій управління проектом, а саме: використання інформаційної системи УП, забезпечення управління офісною технікою та канцелярськими товарами, оплата телекомунікаційних зв'язків, відряджень і т. д.

Ресурс	Часовий інтервал	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	...	t_M
r_1			Управл. функції m_1 $a_{12}C_1$ $a_{13}C_1$ $a_{14}C_1$ $a_{15}C_1$...	
r_2						Управл. функції m_2 $a_{25}C_2$ $a_{26}C_2$ $a_{27}C_2$...	
r_3		Управл. функції m_3 $a_{31}C_3$ $a_{32}C_3$ $a_{33}C_3$...	
r_4		Управл. функції m_4 $a_{41}C_4$ $a_{42}C_4$ $a_{43}C_4$					Управл. функції m_4 $a_{46}C_4$ $a_{47}C_4$... $a_{4M}C_4$			
...	
r_k							Управл. функції m_k $a_{k6}C_k$ $a_{k7}C_k$... $a_{kM}C_k$			

Рис. 1. Приклад матриці призначень

Таким чином, загальна вартість управління БЕП C_{PM} визначається як

$$C_{PM} = C_o + C_p, \tag{3}$$

де C_o – вартість виконання управлінських функцій проекту, грн.; C_p – витрати на інструментарій, необхідний для виконання управлінських функцій проекту, грн.

Етап 2. Розрахунок вартості будівельної, технологічної, системної, інноваційної складових БЕП

Будівельно-енергетичні проекти є міжгалузевими, масштабними, довготривалими та складаються із робіт різного характеру, а саме: будівельного, інноваційного, системного і технологічного.

З огляду на те, що БЕП мають велику кількість робіт, що значно ускладнює процес роботи з ними, є доцільним зменшення їх кількості за рахунок групування у функціональні елементи. Під функціональним елементом в даній статті будемо розуміти роботу, або сукупність робіт, які поєднані за технологічною ознакою, таким чином, щоб спростити процеси управління даними роботами, дії з прогнозування їх вартості, контроль за виконанням, тощо.

Виходячи з того, що функціональні елементи інноваційного, системного і технологічного характеру спрямовані на створення енергетичного об'єкту (технологічного обладнання і систем), і їх вартість складається із вартостей ресурсів, то формула для розрахунку вартості технологічної складової БЕП $C_{БЕП\text{Тех}}$ буде мати вигляд

$$C_{БЕП\text{Тех}} = C_B + C_{\text{Тех}} = R, \tag{4}$$

де C_B – вартість будівельно-монтажних робіт, грн.; $C_{\text{Тех}}$ – вартість створення енергетичного об'єкту, грн.; R – загальний об'єм ресурсів для реалізації БЕП, грн.

Причому, при плануванні вартості технологічної складової БЕП необхідно враховувати такі характеристики проекту, як тривалий період реалізації і наявність активно змінних за вартістю ресурсів.

Рішення цього завдання передбачає наступні кроки:

- визначення технологічно необхідного об'єму ресурсів для реалізації БЕП з урахуванням вибору менш витратних (з ресурсної точки зору) технологій;
- формування ресурсних профілів функціональних елементів з урахуванням потенційної зміни вартості ресурсів у часі;
- формування ресурсних профілів для артілей;
- побудова прогностичної ресурсної моделі проекту з урахуванням того факту, що вартість грошових коштів змінюється у часі.

Крок 1. Визначення менш витратних (з ресурсної точки зору) технологій.

Будівельно-енергетичні проекти відносяться до високотехнологічних проектів, тобто потребують значних капіталовкладень у створення специфічних енергетичних об'єктів. З метою дотримання ресурсних обмежень проекту при оцінці вартості необхідно здійснювати процедуру порівняння декількох варіантів, рівних за результатами, технологій. Вибір варіанту доцільно проводити на етапі визначення вартості робіт за мінімумом показника капітальних вкладень (K).

Цей показник може бути розрахований різними методами, наприклад:

1. Розрахунок капіталовкладень блочних конденсаційних електростанцій:

$$K_{KEC} = [K_1 + K_2(n_{bl} - 1)] C_p C_T, \tag{8}$$

де K_{KEC} – капіталовкладення блочних конденсаційних електростанцій, грн.; K_1, K_2 – капітальні вкладення в перший і послідовуючі агрегати, грн.; n_{bl} – кількість блоків, шт; C_p, C_m – коефіцієнти, що враховують район споруди і вид палива.

2. Розрахунок капіталовкладень в теплову електростанцію з поперечними зв'язками:

$$K_{TEC} = K_{K1} + K_{T1} + K_{Kn}(n_K - 1) + K_{Tn}(n_T) C_p C_T, \tag{6}$$

де K_{TEC} – капіталовкладення в теплову електростанцію з поперечними зв'язками, грн.; K_{K1}, K_{T1} – капітальні витрати в перший котел і перший турбоагрегат, грн.; K_{Kn}, K_{Tn} – капітальні витрати в кожний наступний котел і турбоагрегат, грн.; n_K, n_T – кількість однотипних котлів і турбоагрегатів, шт.

3. Розрахунок капітальних вкладень в промислові котельні:

а) з однотипними агрегатами:

$$K_{PK_{от}} = [K_{2k} + K_{нк}(n_K - 2)] C_p C_T, \tag{7}$$

де $K_{PK_{от}}$ – капітальні вкладення в промислові котельні з однотипними агрегатами, грн.; K_{2k} – капітальні вкладення у перші два котли (два головних, так як один котлоагрегат не встановлюється через умову забезпечення роботи котельної у випадку аварії), грн.; $K_{нк}$ – капітальні вкладення у кожний наступний котел, грн.; n_K – кількість котлів, шт.

б) з різнотипними агрегатами:

$$K_{PK_{от}} = \left[K_{2ki} + K_{нкi}(n_{ki} - 2) + \sum_{j=1}^t (K_{нкj} n_{нкj}) \right] C_p C_T, \tag{8}$$

де $K_{PK_{от}}$ – капітальні вкладення в промислові котельні з різнотипними агрегатами, грн.; $K_{2ki}, K_{нкi}, n_{ki}$ – теж саме, що і раніше для i-го типу котлоагрегату; $K_{нкj}$ – капітальні вкладення у кожний наступний котел типу j, грн.; n_{kj} – кількість наступних агрегатів типу j, шт.; t – кількість різнотипних груп котлоагрегатів, за винятком одного типу агрегату, шт.

4. Капітальні вкладення в теплові мережі:

$$K_{TM} = K_{пTM} LDC_p, \tag{9}$$

де $K_{пTM}$ – питомі капітальні вкладення в теплові мережі, т. грн./км; L – довжина теплової мережі, км; D – діаметр трубопроводу, м; c_p – коефіцієнт, враховуючий район споруди.

На основі розрахованих даних проводиться відбір тієї альтернативи БЕП яка за показником капіталовкладень K має найменший показник.

Крок 2. Формування ресурсних профілів функціональних елементів з урахуванням потенційної зміни вартості ресурсів у часі.

В рамках цього кроку в першу чергу визначаються ті ресурси, які відносяться до категорії «активно змінні за вартістю у часі».

На основі отриманої інформації будуються ресурсні профілі функціональних елементів, у тому числі з урахуванням приведеної вартості, які характеризують динаміку споживання ресурсів різних типів при їх виконанні.

$$R_j = \sum_{n_j=1}^l R_{nj} + \sum_{n_j=1}^l (R_{nj}^* (1+r)^V), \tag{10}$$

де R_j – ресурсний профіль j-го функціонального елемента, грн., $j=1, \dots, m$; R_{nj} – об'єм фіксованих за вартістю у часі ресурсів, необхідних на виконання n-ї роботи j-го функціонального елемента, грн., $n_j=1, \dots, l$; l – множина робіт j-го функціонального елемента, шт.; R_{nj}^* – об'єм активно змінних за вартістю у часі ресурсів, необхідних на виконання n-ї роботи j-го функціонального елемента, грн.; V – кількість періодів часу в інвестиційній фазі БЕП, шт.; r – коефіцієнт приведення.

В основі даного розрахунку лежить факт того, що вартість грошей з плином часу об'єктивно чи суб'єктивно зменшується [14]. Об'єктивно – через інфляцію та інші зовнішні фактори, суб'єктивно – через те, що існує можливість вкласти гроші в альтернативні, пов'язані з меншим ризиком і більшою прибутковістю проекти [15]. У зв'язку з цим застосовується операція приведення. В даному випадку величина коефіцієнту приведення g є постійною для всього інтервалу життєвого циклу БЕП.

Необхідно відзначити, що якщо фінансування БЕП проводиться за рахунок декількох джерел, то в розрахунках доцільно використовувати середньозважене значення коефіцієнту приведення:

$$g_{cp} = \sum_{i=1}^f (g_i \alpha_i), \tag{11}$$

де g_{cp} – середньозважене значення коефіцієнту приведення; g_i – величина коефіцієнту приведення для i-го капіталу; α_i – доля цього капіталу в загальній сумі інвестицій, $i=1, \dots, f$; f – кількість джерел фінансування, шт.

Після отримання ресурсних профілів функціональних елементів БЕП, можна переходити до формування ресурсних профілів артелей проекту.

Крок 3. Формування ресурсних профілів для артелей.

Цей етап здійснюється шляхом операції кумуляції відповідних ресурсних профілів функціональних елементів, що входять до певного артелю.

В свою чергу, артелі робіт проекту формуються шляхом агрегування, тобто скорочення кількості функці-

ональних елементів через заміну декількох операцій однією операцією.

В межах БЕП агрегування функціональних елементів повинно виконуватися з урахуванням наступного:

- функціональні елементи БЕП є технологічно поданими, що свідчить про доречність їх групування у деякий артілі, який має свої ресурси, час реалізації, обмеження, тощо;

- через наявність технологічної залежності деякі функціональні елементи повинні виконуватися паралельно, що може вплинути на процес формування артілей проекту;

- не всі функціональні елементи повинні входити у артілі, тобто можуть існувати вільні функціональні елементи БЕП;

- необхідно враховувати, що в кожен окремий момент часу реалізації БЕП існують певні інвестиційні, технологічні, ресурсні, технічні та ін. обмеження.

Операція кумуляції CUM (Agr_i) полягає у визначенні загального ресурсного профілю, побудованого шляхом підсумовування ресурсних профілів функціональних елементів, які входять до конкретного артілю БЕП. Кількість потрібних для реалізації i-го артілю ресурсів розраховується виходячи з припущення, що параметри функціональних елементів змінюються лише у дискретні моменти часу:

$$R_i = CUM(Agr_i) = \sum_{j=1}^{n_i} R_{ji}, \quad (12)$$

де R_i – об'єм потрібних ресурсів для реалізації i-го артілю, грн., i=1,...,N; N – кількість артілей в проекті, шт.; R_{ji} – об'єм потрібних ресурсів для реалізації j-го функціонального елемента в i-му артілі, грн., j=1,...,n_i; n_i – кількість функціональних елементів в i-му артілі;

Після розробки артілей БЕП і формування для них ресурсних профілів, можна переходити до розрахунку вартості технологічної складової проекту.

Крок 4. Побудова прогнозно-ресурсної моделі БЕП, що здійснюється за допомогою операції кумуляції всіх ресурсних профілів елементів (El_m) БЕП:

$$R = CUM(El_m) = \sum_{i=1}^N R_i + \sum_{j=1}^{n^*} R_j, \quad (13)$$

де R – загальний об'єм ресурсів для реалізації БЕП, грн.; $\sum_{i=1}^N R_i$ – кількість ресурсів, потрібних для реалізації N артілей БЕП, грн., i=1,...,N; $\sum_{j=1}^{n^*} R_j$ – загальний об'єм ресурсів на виконання вільних (які не ввійшли до жодного артілю) функціональних елементів БЕП, грн., j*=1,..., n*; n* – кількість вільних функціональних елементів БЕП.

Після розрахунку загального обсягу ресурсів необхідного для реалізації БЕП можна переходити до визначення прогнозно-вартості БЕП.

Етап 3. Визначення прогнозно-вартісної моделі БЕП

Прогнозна вартісна модель БЕП формується за допомогою процедури сумування двох її складових: організаційної і технологічної (14).

$$CM_{БЕП} = CUM(C_{PM}, R, T_{ex}) = C_{PM} + R. \quad (14)$$

Обмеження:

$$CM_{БЕП} \leq S + D, \quad (15)$$

$$T_{ex} \leq T_{dir}, \quad (16)$$

де S – обмежена кількість фінансових коштів, які планується витратити на реалізацію БЕП, грн.; D – гранично допустимий рівень задіяння додаткових коштів, який включає резерви на ризики, та інші непередбачувані події, грн.; T_{dir} – фактичний термін реалізації проекту, год; T_{ex} – встановлений термін реалізації проекту, год.

Таким чином отримано прогнозу вартісну модель БЕП, яка базується на виділенні у даних проектах організаційної та технологічної складових та враховує змінність вартості деяких ресурсів у часі.

5. Результати застосування методу планування вартості будівельно-енергетичних проектів

З огляду на те, що запропонований в роботі метод планування вартості БЕП, враховує змінність вартостей деяких ресурсів у часі, що дає базис для формування твердження про більш високу точність прогнозних даних, які отримуються шляхом застосування методу, є доцільним проведення апробації даного методу. Апробацію методу планування вартості БЕП планується проводити шляхом аналізу планових і фактичних показників вже реалізованих проектів з величинами, які розраховані за допомогою запропонованого методу.

У ході апробації методу були проаналізовані дев'ять будівельно-енергетичних проектів, які реалізовувалися на підприємствах: ПАТ «Південспецбуд» (м. Харків, Україна) та АК «Харківобленерго» (м. Харків, Україна). Інформація про хід реалізації даних проектів є комерційною таємницею, тому у статті представлені лише сумарні показники вартостей проекту, без їх деталізації та ідентифікаційних даних.

У якості критерію, за допомогою якого будемо робити висновок про точність методу планування вартості будівельно-енергетичного проекту, пропонується використовувати відношення фактичного показника вартості проекту до його планового показника. Так як даний показник є відносним, то за його допомогою можна порівнювати різні проекти між собою. Для БЕП це важливо, адже вони є різноманітними як за масштабом, так і за термінами реалізації.

В ідеальному випадку, коли планова вартість проекту розраховано точно, відношення фактичного показника вартості проекту до його планового показника буде дорівнювати одиниці. У разі, коли отриманий індекс більше або менше одиниці, можна говорити про неточність результатів застосованого методу планування вартості проекту. Причому, чим більше відхилення від одиниці, тим менша точність методу планування вартості проекту.

Таким чином, проведемо відповідні розрахунки, та зведемо отримані дані до табл. 1.

Таблиця 1

Результати застосування методу планування вартості будівельно-енергетичних проєктів

№ з/п	Проект	Планова вартість, тис. грн.	Фактична вартість, тис. грн.	Відношення фактичної вартості проєкту до планової вартості	Розрахункова планова вартість, тис. грн.	Відношення фактичної вартості проєкту до розрахункової вартості
1	Проект 1	125684,32	153216,14	1,22	143157,31	1,07
2	Проект 2	134262,45	163689,14	1,22	153127,36	1,07
3	Проект 3	253619,2	313647,89	1,24	301723,17	1,04
4	Проект 4	133652,3	163175,31	1,22	159872,68	1,02
5	Проект 5	146583,32	194623,14	1,33	189426,14	1,03
6	Проект 6	333482,9	356127,3	1,07	352487,12	1,01
7	Проект 7	269513,7	334872,5	1,24	323964,12	1,03
8	Проект 8	283792,93	326589,1	1,15	302862,6	1,08
9	Проект 9	326842,3	394856,14	1,21	379510,12	1,04

З представленої табл. 1 наглядно видно, що планові показники проєкту, які були розраховані з використанням традиційних методів прогнозування вартості проєкту, мають більше відхилення від одиниці (табл. 1, стовпець 5), ніж ті, які були розраховані із використанням представленого у статті методу планування вартості БЕП (табл. 1, стовпець 7).

Для того, щоб обґрунтувати можливість застосовності даного методу для усієї генеральної сукупності будівельно-енергетичних проєктів необхідно розрахувати коефіцієнт варіації, який характеризує ступінь однорідності даних у вибірці та об'єктивність отриманих даних. Коефіцієнт варіації для кількості подій менше тридцяти розраховується за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{x} \tag{17}$$

де V – коефіцієнт варіації, σ – середньоквадратичне відхилення; x – середнє арифметичне елементів вибірки.

В свою чергу, середньоквадратичне відхилення для кількості подій менше тридцяти розраховується за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}} \tag{18}$$

де n – кількість подій (проєктів), шт; x_i – характеристика i-го елементу вибірки.

Для представленої вибірки проєктів середньоквадратичне відхилення розраховано для показника «відношення фактичної вартості проєкту до розрахункової вартості» і дорівнює 0,024. Таким чином, варіація даної вибірки проєктів становить 0,023.

Показник варіації вибірки до 10 % свідчить про слабку її різноманітність та про високу типовість відповідної середньої величини. Це обґрунтовує доцільність використання запропонованого методу планування вартості проєкту для забезпечення прогнозування витратних потоків будівельно-енергетичних проєктів.

Таким чином, доведено, що вибірка проєктів є репрезентативною і даний метод може бути застосований для генеральної сукупності будівельно-енергетичних проєктів.

6. Обговорення результатів удосконалення процесів управління вартістю БЕП

Процеси управління вартістю БЕП було вдосконалено за рахунок доповнення існуючої методології проєктного менеджменту методом планування вартості БЕП. Запропонований метод базується на теорії змінності вартості грошей у часі. Даний напрям розширення сукупності інструментів планування вартості БЕП було обрано через те, що дані проєкти є довгостроковими і ресурсномісткими, що потребує застосування специфічного підходу до прогнозування їх вартості.

Головною перевагою методу планування вартості БЕП є те, що він дозволяє отримати більш точні прогнозні дані стосовно вартості будівельно-енергетичного проєкту, ще на етапі інвестування. Це досягається завдяки аналізу ресурсної складової проєкту і використанню процедури приведення вартості ресурсів до одного моменту часу.

Недоліками даного методу є його громіздкість, що обумовлено масштабами БЕП. Окрім цього, у якості недоліку можна виділити необхідність у точних вихідних даних, які стосуються технології створення БЕП і які не завжди можна отримати, так як дані проєкти мають високий рівень унікальності. Також може викликати труднощі визначення розміру коефіцієнту приведення, що теж є недоліком методу.

Головною сферою застосування методу планування вартості будівельно-енергетичних проєктів є енергетичний сектор як України, так і інших держав. Даний метод можна застосовувати і для інших проєктів, які мають довгостроковий період реалізації та велику кількість ресурсів. Також ці проєкти повинні мати формалізовану технологічну складову, так як саме вона складає найбільшу вартісну частину проєкту і підлягає детальному опрацюванню при прогнозуванні його вартості.

Дане дослідження є основою для подальшого удосконалення за такими напрямками:

- розробка механізму визначення величини коефіцієнту приведення;
- уніфікація методу планування вартості БЕП для проєктів, які мають значний термін реалізації, та велику ресурсомісткість;
- розробка або адаптація існуючого програмного продукту до методу планування вартості будівельно-

енергетичних проектів задля спрощення його застосування;

– доповнення методу планування вартості будівельно-енергетичних проектів процедурами прогнозування зміни вартості ресурсів, як реакції на зовнішні подразники, задля підвищення точності прогнозування вартості БЕП.

7. Висновки

1. Удосконалено процес управління вартістю проектів, за рахунок доповнення сукупності інструментарію прогнозування розміру бюджету проекту методом планування вартості БЕП. На відміну від існуючих, він базується на теорії змінності вартості деяких ресурсів у часі, враховує наявність організаційної та технологічної складових проекту, інвестиційні та ча-

сові обмеження, і орієнтований на проекти, які мають довгостроковий термін реалізації та значну ресурсну складову.

2. Розроблено математичну інтерпретацію процесу планування бюджету проекту, яку представлено у формі прогнозної вартісної моделі БЕП. Вона, на відміну від існуючих, базується на вартісному підході та кумуляції таких частин БЕП, як вартість організаційної складової, та вартість технічної складової. Окрім цього, дана модель має обмеження за інвестиційною характеристикою, та за часовими рамками БЕП.

3. Проведено апробацію методу планування вартості БЕП, розраховано коефіцієнт варіації та середньоквадратичне відхилення вибірки проектів, на базі яких було проведено апробацію. Зроблено висновки про адекватність даного методу, що свідчить про доцільність його застосування при прогнозуванні вартості будівельно-енергетичних проектів.

Література

1. Авербах, Л. И. Совершенствование системы управления строительной организацией с использованием экономико-математических методов [Текст]: автореф. дис. ... канд. экон. наук / Л. И. Авербах; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 1969. – 24 с.
2. Бурков, В. Н. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами [Текст] / В. Н. Бурков, И. В. Буркова // Управление большими системами. – 2010. – № 30-1. – С. 40–61. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/metod-setevogo-programmirovaniya-v-zadachah-upravleniya-proektami>
3. Мазур, И. И. Управление инвестиционно-строительными проектами: международный подход [Текст] / И. И. Мазур. – М.: Омега-Л, 2011. – 736 с.
4. Голубятников, В. Т. Оценка производственно-экономической устойчивости инвестиционно-строительного проекта в процессе его реализации [Текст] / В. Т. Голубятников // Управління проектами та розвиток виробництва. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2013. – № 2 (46). – С. 17–24.
5. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®) [Текст]. – Newtown square, PA, USA: Project Management Institute, Inc, 2013. – 614 p.
6. Бабаєв, В. М. Класифікація високотехнологічних будівельно-енергетичних проектів [Текст] / В. М. Бабаєв, М. К. Сухонос, І. В. Білецький // Коммунальное хозяйство городов. – 2014. – № 118. – С. 49–51.
7. Ahadzie, D. K. Competencies required of project managers at the design phase of mass house building projects [Text] / D. K. Ahadzie, D. G. Proverbs, I. Sarkodie-Poku // International Journal of Project Management. – 2014. – Vol. 32, Issue 6. – P. 958–969. doi: 10.1016/j.ijproman.2013.10.015
8. Siami-Irdemoosa, E. Work breakdown structure (WBS) development for underground construction [Text] / E. Siami-Irdemoosa, S. R. Dindarloo, M. Sharifzadeh // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 58. – P. 85–94. doi: 10.1016/j.autcon.2015.07.016
9. Heravi, A. Evaluating the level of stakeholder involvement during the project planning processes of building projects [Text] / A. Heravi, V. Coffey, B. Trigunarsyah // International Journal of Project Management. – 2015. – Vol. 33, Issue 5. – P. 985–997. doi: 10.1016/j.ijproman.2014.12.007
10. Alzraiee, H. Dynamic planning of construction activities using hybrid simulation [Text] / H. Alzraiee, T. Zayed, O. Moselhi // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 49. – P. 176–192. doi: 10.1016/j.autcon.2014.08.011
11. Ochoa, J. J. Reducing plan variations in delivering sustainable building projects [Text] / J. J. Ochoa // Journal of Cleaner Production. – 2014. – Vol. 85. – P. 276–288. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.024
12. Purnus, A. Correlation between Time and Cost in a Quantitative Risk Analysis of Construction Projects [Text] / A. Purnus, C.-N. Bodea // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 85. – P. 436–445. doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.570
13. Баркалов, С. А. Методы агрегирования в управлении проектами [Текст] / С. А. Баркалов, В. Н. Бурков, Н. М. Гилязов. – М.: ИПУ РАН, 1999. – 55 с.
14. Брейли, Р. Принципы корпоративных финансов [Текст] / Р. Брейли, С. Майерс. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 1008 с.
15. Макконелл, К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика [Текст] / К. Р. Макконелл, С. Л. Брю. – М.: ИНФРА-М, 1999. – XXXIV, 974 с.