

**С.Б. Січний,**

кандидат економічних наук,  
ORCID: 0000-0002-8340-7521,

ПП «Будівництво-сучасні технології», м. Івано-Франківськ

**А. А.Щербина,**

кандидат економічних наук, докторант,  
ORCID: 0000-0001-8744-3418,

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ДЕКОМПОЗИЦІЯ СПОРУДИ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ В ОЦІНЮВАННІ ВИТРАТ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

*У статті обґрунтовано авторський методологічний підхід до визначення вартості життєвого циклу об'єкта будівництва на стадії підготовки інвесторської кошторисної документації з урахуванням чинної галузевої нормативно-методичної бази і з орієнтацією передусім на державного замовника. Показано необхідність розрахунку (групування) вартостей в інвесторській кошторисній документації не по видах будівельних робіт, а по конструктивних елементах, які мають узагальнюючий і незмінний характер при визначенні вартості життєвого циклу: будівництва, утримання та ремонтів, а також ліквідації об'єкта, що робить саме конструктивні елементи необхідною одиницею визначення вартості. Відзначено також можливість декомпозиції конструктивних елементів за рівнями узагальнення, пов'язаними зі структурою ринку виконавців робіт та їхньою продукцією. В умовах браку даних при впровадженні методики запропоновано правила первинного формування, використання і наступного уточнення вартісних показників під час проектування і розробки інвесторської кошторисної документації та накопичення фактичних даних на подальших стадіях будівництва, утримання (ремонту) та завершення експлуатації об'єкта. Відзначено, таким чином, еволюційний характер методики по мірі накопичення і уточнення даних, необхідних для розрахунків.*

*У прикладній частині показано сумісність запропонованого підходу і ВІМ-технологій, які також оперують конструктивними елементами. Запропоновано порядок відображення витрат життєвого циклу в цифровій інформаційній моделі проекту, за рівнями узагальнення та змістом – витрати в моделі можуть бути планові та фактичні і задаватись значенням (сумою) або розрахунком (кошторисом). Проілюстровано можливість застосування теорії графів до завдань розрахунку витрат життєвого циклу об'єкта будівництва, що полегшує розробку математичного апарату і відповідних алгоритмів для оцінювання вартості життєвого циклу з використанням ВІМ.*

*Запропоновано відповідні зміни до чинних ДСТУ в частині розробки і стандартизації номенклатури конструктивних елементів будівель і споруд та стандартизації структури і порядку відображення в цифровій моделі інформації про витрати життєвого циклу об'єкта будівництва.*

**Ключові слова:** *вартість, життєвий цикл, конструктивні елементи, витрати, об'єкт будівництва, ВІМ.*

**Постановка проблеми.** В Законі України «Про публічні закупівлі» вартість життєвого циклу визначено як самостійний критерій оцінки на рівні з ціною пропозиції учасника закупівлі [1]. При цьому Мінекономіки розроблено примірну методику його розрахунку [2], яка, однак, не може застосовуватись до об'єктів будівництва. В законодавстві ЄС, зокрема в статті 68 Положення про публічні контракти 2015 (PCR 2015) [3], також є вимоги щодо виконання аналізу вартості життєвого циклу об'єктів. Документом вимагається визначати при проведенні публічних закупівель не тільки вартість будівництва, а й подальші витрати на утримання, експлуатацію об'єктів та їхню утилізацію після завершення терміну служби. До розрахунку мають включатись також відповідні екологічні суспільні витрати та вигоди, у разі наявності такої інформації. Але етап закупівлі робіт - запізнений для оцінки вартості життєвого циклу об'єктів будівництва. Актуальним і значимим для підприємств і організацій є перехід до оцінки всіх витрат життєвого циклу по можливих альтернативах проекту і виборі того варіанту, який забезпечить мінімальну загальну вартість об'єкта власності за умови його належної якості і функціональності. Тому оцінка вартості життєвого циклу об'єктів будівництва має бути обов'язковою вимогою завдання на проектування і виконуватись на якомога ранньому етапі проектування, коли ще існує можливість мінімізації витрат при зміні проектних рішень.

В науковій літературі багато полеміки навколо оцінювання вартості життєвого циклу об'єкта чи споруди. В першу чергу щодо складових, які ті чи інші автори включають до доходів чи витрат життєвого циклу, в той же час упускаючи порядок розрахунку самих складових. В Україні прийнято стандарт ДСТУ ISO 15686-5:2020 «Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу (ISO 15686-5:2017, IDT)» [4], який набере чинності в лютому 2013 року. Він надає загальний порядок оцінювання вартості життєвого циклу, можливий перелік витрат і узагальнені рекомендації з їх визначення. В розрахунках повинні відображатись витрати не тільки на підготовку, проектування і будівництво, але й на утримання та експлуатацію об'єкта будівництва, причому з деталізацією до вартісно значущих елементів з різними термінами служби, режимами і витратами технічного обслуговування і ремонту.

В зарубіжній практиці для оцінювання життєвого циклу по альтернативних проектних рішеннях, наприклад, з використанням MasterFormat [5], треба було виконати докладні розрахунки вартості матеріальних і трудових ресурсів на будівництво і експлуатацію будівель, що вимагало чимало часу і коштів. Це виявилось неприйнятним на ранніх стадіях проектування. Крім того, подібні нормативні дані мало допомагали в оцінці майбутніх витрат, якщо користувач визначав елементи не так, як в базі даних [6]. Проте, виходячи з концепції оцінювання вартості життєвого циклу, саме на ранніх стадіях проектування економічний аналіз є необхідним для вибору економічно ефективних варіантів серед ряду альтернатив і подальшої їх реалізації в проектній документації на об'єкт.

Аналізуючи вітчизняну практику управління вартістю в процесі планування та реалізації капітальних інвестицій можна побачити схожість з вказаною вище проблемою, особливо в частині відсутності інформації про фактичні витрати життєвого циклу для будинків і споруд різних типів для оцінки майбутніх витрат.

На вартість життєвого циклу впливає, в першу чергу, перелік і властивості конструктивів - конструктивних елементів, з яких складається будинок чи споруда, їх міцність, довговічність, ремонтпридатність, а зрештою - властивості будівельних матеріалів та технологій, застосованих під час будівництва. Саме тому, на наш погляд, необхідно виконувати оцінювання вартості життєвого циклу на рівні конструктивів. І уточнювати його по мірі деталізації проекту. Для цього необхідні вітчизняні методики і дані, яких в Україні поки що не має.

Згідно КНУ «Настанова з визначення вартості будівництва» [7], інвесторська кошторисна документація може складатися за структурою конструктивних елементів будинку (споруди), тоді вона буде придатною для управління на стадії експлуатації, а кошториси підрядників – за роботами, які ними виконуються і контролюються замовником. При цьому замовник (інвестор) будівництва має у зрозумілій формі отримати відповідь щодо матеріального втілення інвестицій у даній проект і свої частки у створеній вартості [8].

Укрупнені елементи, зазначені в [7], не у повній мірі можуть бути прийнятними для цієї мети, тому що вони не передбачають подальшої деталізації за рівнями укрупнення, коли складений елемент з певним життєвим циклом і вартістю може поділитися на елементи нижчого рівня з відповідними параметрами. Таким чином на шляху застосування сучасних методів управління життєвим циклом об'єктів будівництва стоять ще не вирішені питання уніфікації (стандартизації) структури будинків і споруд, уніфікації (стандартизації) структури і змісту інформації про фактичні і майбутні витрати життєвого циклу будівель споруд і їх відображення в базах даних програмних комплексів для проектування і розрахунків у будівництві.

Для успішного та широкого впровадження схваленої розпорядженням КМУ концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні [9] потрібне теоретичне, нормативно-правове і практичне узгодження ідеології BIM-проекткування, концепції життєвого циклу і вітчизняної практики проектування та ціноутворення у будівництві. Для цього необхідні наукові дослідження, стандарти і методики та їх реалізація в програмному забезпеченні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вартості життєвого циклу (LCC – Life Cycle Costing) продукції різних галузей та сфер застосування присвячено чимало робіт зарубіжних авторів. Одною з перших була оглядова робота Д. Герднера [10]. Розвиток ідеї вартості життєвого циклу призвів до появи концепції «повного оцінювання життєвого циклу» об'єкту (WLA – Whole Life Appraisal) - систематичного обліку зацікавленими суб'єктами не тільки всіх витрат, але й доходів, вигод і результатів, пов'язаних з набуттям у власність активу протягом його фізичного, економічного або функціонального терміну служби з метою зведення до мінімуму загальних витрат по об'єкту, максимізації результатів, а загалом – забезпечення максимального ефекту. WLA можна розглядати як сучасну модифікацію LCC. Концепція LCC-WLA була успішно реалізована у державному управлінні у розвинених країнах [11, с. 7].

Міжнародним документом, який забезпечує використання концепції в управлінні експлуатацією об'єктів (Facility Management), є стандарт ISO 14040 [12]. Прогнозування термінів служби, обслуговування та заміни об'єктів та елементів з метою безпеки регулюються стандартом ISO 15686 [13]. Більш засадничими, базовими документами є стандарти з менеджменту активів серії ISO 55000-55010 [14], які почали діяти в Україні з 01.01.2020 року.

Поширення у 1980-1990-х роках концепції LCC-WLA при плануванні і здійсненні капітальних інвестицій сприяло появі ідей сталого розвитку. Сучасна європейська практика управління проектами і програмами відповідно до критеріїв сталого розвитку спирається на систему нормативних документів. Серед них ДСТУ ISO 15686-1:2020 «Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби» [15], ISO 15663-1 «Нафтова і газова промисловість. Оцінка вартості життєвого циклу. Методологія» [16], ДСТУ ISO 14040:2013 «Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура» [17] та інші.

У вітчизняній науці ідея використання методу LCC (LCCA) у капітальному будівництві вперше викладена на початку 90-х років Ніколаєвим В.П., зокрема, у роботі [18], в останні роки отримала розвиток у статті [6], а також у дослідженнях ряду інших авторів. Так, Ніколаєвою Т.В. були розраховані нормалізовані показники вартості життєвого циклу на прикладі житлових об'єктів [19].

У роботі Бабак А.В. [20] концептуально запропоновано запровадити наскрізне управління власністю і облік витрат упродовж життєвого циклу багатоквартирному будинку за його окремими елементами власності: земельна ділянка, просторові елементи (квартири, нежитлові і загальні приміщення). Облік витрат на утримання елементів спільної власності для наступного їх розподілу між співвласниками будинку пропонується виконувати по конструктивних елементах. Автор констатує що «чинна методологія обліку витрат на стадії будівництва не орієнтована на їхнє пооб'єктне відображення у розрізі окремих конструктивних елементів будинку».

**Мета статті.** Запропонувати методи оцінювання вартості життєвого циклу на різних етапах проектування і будівництва на основі проектної документації виконаної, зокрема, за допомогою BIM-моделювання.

**Виклад основного матеріалу. 1. Оцінка вартості життєвого циклу об'єктів будівництва під час виконання будівельних робіт.**

З позиції інвестора, цілком логічним є включення до оцінювання вартості життєвого циклу всіх витрат і доходів які стосуються експлуатації об'єкта – в першу чергу, витрат і доходів пов'язаних з використанням об'єкта за його прямим призначенням, робити повне оцінювання життєвого циклу об'єкту (WLA) Але під час проектування та будівництва, в більшості випадків, можна обійтись тільки оцінюванням витрат життєвого циклу. Це цілком обґрунтовано адже:

- зменшуються обсяги розрахунків і, як наслідок, витрати на їх виконання;
- на розрахунки не впливають ризики, невизначеності та припущення, пов'язані з запланованими бізнес процесами під час майбутнього використання об'єкта за його призначенням;
- оцінювання може виконуватись з використанням даних тільки проекту будівництва з мінімальним залученням фахівців інвестора (замовника) для надання інформації щодо бізнес планів, які найчастіше відсутні у проектувальника та будівельника.

Існують і технічні проблеми щодо повного оцінювання життєвого циклу об'єкта під час проектування та будівництва. На сьогодні, економічні показники інвестиційного проекту тільки декларуються як можливий предмет BIM-стандартизації, на відміну від витрат часу і коштів на будівництво та ремонт конструктивних елементів. Так, згідно ISO 19650-1:2018 [21] вся інформація для стратегічного і щоденного ефективного управління, в тому числі щодо організації бізнес процесів, має зберігатись в цифровій інформаційній моделі активу (AIM -

Asset Information Model), яка використовується на етапі його експлуатації. Для зберігання інформації про будівництво використовується інша, спеціалізована база даних - цифрова інформаційна модель проекту (PIM - Project Information Model) яку інколи називають віртуальною моделлю об'єкта будівництва або BIM. Вартісні показники складових будинку чи споруди вже зараз утворюють окремий вимір BIM проекту - 5D BIM. Зміни, які в близькій перспективі очікуються до стандарту IFC (Industry Foundation Classes – відкритий міжнародний стандарт зберігання даних цифрової моделі) [22], забезпечать реалізацію 4 та 5D BIM - визначають стандартні атрибути для відображення у цифровій моделі проекту даних про витрати. Це дозволить здійснювати безперешкодну роботу з вартісними показниками будівництва всім зацікавленим учасниками ринку, з будь якої програмної платформи. В той же час, питання стандартного відображення в моделі бізнес-інформації щодо активу поки що не розглядається.

Застосування ідеології BIM диктує ще одне корисне правило щодо розрахунку витрат життєвого циклу: оцінювання вартості життєвого циклу об'єкта будівництва має складатись з оцінювання вартості життєвого циклу конструктивних елементів. Об'єкт будівництва в цілому і кожен з його конструктивів розглядаються, як набір менших конструктивів. Вкладеність конструктивних елементів і відповідних їм розрахунків не обмежується, а відповідає вкладеності цифрової моделі яка є відображенням деталізації проекту. За такого підходу, «класична» формула не зміниться, але її зміст буде інакшим:

$$LCC = I + M + O + E; \quad (1)$$

де:

$LCC$  - вартість життєвого циклу об'єкта будівництва;

$I$  - початкові інвестиції в об'єкт:

$$I = I_A + \sum_1^n I_K; \quad (2)$$

де:

$I_A$  – початкові інвестиції у об'єкт які стосуються всіх конструктивних елементів;

$I_K$  – початкові інвестиції у  $i$ -й конструктивний елемент;

$n$  – кількість конструктивних елементів.

$M$  - витрати на технічне обслуговування (утримання) об'єкта:

$$M = M_A + \sum_1^n M_K; \quad (3)$$

де:

$M_A$  – витрати на технічне обслуговування (утримання) об'єкта, які стосуються всіх конструктивних елементів;

$M_K$  – витрати на технічне обслуговування (утримання)  $i$ -го конструктивного елемента.

$O$  - експлуатаційні витрати:

$$O = O_A + \sum_1^n O_K; \quad (4)$$

де:

$O_A$  – експлуатаційні витрати які стосуються всіх конструктивних елементів;

$O_K$  – експлуатаційні витрати на  $i$ -й конструктивний елемент.

$E$  - витрати на завершення експлуатації об'єкта:

$$E = E_A + \sum_1^n E_K; \quad (5)$$

де:

$E_A$  – витрати на завершення експлуатації об'єкту які стосуються всіх конструктивних елементів;

$E_K$  – витрати на завершення експлуатації і-го конструктивного елементу.

Формула (1) може виглядати як:

$$LCC = \sum_1^n LCC_K; \quad (6)$$

де:

$LCC_K$  - вартість життєвого циклу і-го конструктивного елементу;

## **2. Особливості розрахунку складових витрат життєвого циклу об'єктів будівництва.**

*Початкові інвестиції (I)*, з точки зору інвестиційного проекту, не обов'язково є новим будівництвом. Придбання об'єкта нерухомості з його наступним ремонтом, реконструкцією, переоснащенням, чи без них, теж є початковими інвестиціями життєвого циклу інвестиційного проекту (активу). Склад початкових інвестицій які стосуються всіх конструктивних елементів ( $I_A$ ) та початкових інвестицій у і-й конструктивний елемент ( $I_K$ ) однаковий і обсяг цих витрат може визначатись за формулою:

$$I = AC + CC + RC; \quad (7)$$

де:

$AC$  – витрати на придбання;

$CC$  – витрати на будівництво;

$RC$  – витрати на пусконаладжувальні роботи.

Склад і порядок розрахунку планових і фактичних витрат на будівництво об'єктів і окремих конструктивів регламентовано багатьма вітчизняними нормативними документами.

*Витрати на технічне обслуговування (утримання) об'єкта (M)* передбачають комплекс робіт, спрямованих на підтримку справності елементів будівель (споруд) чи заданих параметрів та режимів роботи технічного обладнання. Технічне обслуговування будинків (споруд) включає роботи з контролю за їх станом, забезпечення справності, працездатності, наладки і регулювання інженерних систем тощо [23].

Контроль за станом будинків (споруд) може здійснюватись шляхом обстеження візуальним та/чи інструментальним методами. Найчастіше такі роботи відносяться до витрат які стосуються всіх конструктивних елементів ( $M_A$ ). Вони виконуються згідно Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва [24] і здійснюються в порядку передбаченому ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [25].

Вартість таких робіт може плануватись (визначатись) за КНУ «Настанова з визначення вартості проектних, науково-проектних, вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво» [26] та іншими збірниками нормативів трудомісткості та вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд.

До витрат на технічне обслуговування (утримання) конкретного конструктивного елементу ( $M_K$ ) відносяться планові і позапланові заходи, зокрема,

ремонти, включаючи аварійно-відновлювальний ремонт, який носить невідворотний характер і так само потребує коштів. Планові ремонти конструктивних елементів за методами управління, обґрунтування і планування поділяються на планово-запобіжний ремонт (ПЗР) та поточний плановий ремонт (ППР), які можна розглядати як альтернативи чи взаємно доповнюючі заходи в управлінні активами [27].

Планування ремонтів (їх періодичність, обсяг, склад робіт) може відбуватись за даними виробників обладнання, виробників (постачальників) технологій будівництва, будівельних матеріалів, конструктивів та комплексів. Планова вартість таких робіт для кожного конструктивного елементу може доволі детально визначатись з використанням КНУ «Настанова з визначення вартості будівництва» [7]. Склад і узагальнений перелік робіт з утримання та поточного ремонту житлових будинків може визначатись за «Правилами утримання жилих будинків і прибудинкових територій» [23], «Орієнтовним переліком витрат на утримання житлових будинків, громадських споруд та будівель» [28] та іншими нормативними документами.

Планування витрат на виконання аварійно-відновлювальних ремонтів може виконуватись:

- на основі статистичних даних (якщо вони є) щодо розміру цих витрат для відповідних конструктивних елементів за відповідний обліковий період;
- методами прямого калькулювання (розрахунку кошторисів) з встановленням ступеню ймовірності їх виникнення, таким чином розглядаючи їх як ризики технічного обслуговування (утримання) об'єкту.

*Склад та структура експлуатаційних витрат (O) залежать від типу, призначення та обладнання об'єкту будівництва. Їх необхідно поділяти на дві групи:*

- експлуатаційні витрати на забезпечення нормального функціонування об'єкту в режимі виконання заданих функцій (наприклад: енергоносії, діяльність систем життєзабезпечення та інші витрати не пов'язані з роботою виробничого обладнання);
- експлуатаційні витрати виробництва (забезпечення роботи спеціального обладнання, виробничих ліній, спеціалізованих інженерних мереж), які розраховуються за необхідності для умов нормального функціонування виробництва (обладнання) відповідно до вимог проектної документації та інвестиційного проекту.

Для різних конструктивів об'єкту будівництва склад експлуатаційних витрат буде різний, зокрема:

- для житлових будинків та адміністративних споруд основним елементом експлуатаційних витрат можуть бути енергоносії та комунальні послуги (витрати на діяльність систем життєзабезпечення). Загальними ( $O_A$ ) для всіх конструктивних елементів можуть бути експлуатаційні витрати на загальних площах або для всього будинку (електроенергія на освітлення сходових та роботу ліфта, вивіз сміття). А квартири можуть розглядатись як окремі конструктивні елементи з відповідними експлуатаційними витратами ( $O_K$ );
- для виробничих підприємств може бути необхідним враховувати параметри виробничого обладнання та планові операційні витрати підприємства (всі чи їх змінну частину). Загальними ( $O_A$ ) для всіх конструктивних елементів можуть бути, наприклад, витрати на забезпечення передбаченого проектом температурного

режиму та загального освітлення. А ділянки виробництва, виробничі лінії, спеціалізовані інженерні мережі розглядаються як окремі конструктивні елементи з відповідними експлуатаційними витратами виробництва ( $O_K$ );

- для закладів охорони здоров'я може бути необхідним розраховувати експлуатаційні витрати на спеціалізоване діагностичне і лікувальне обладнання та спеціалізовані інженерні мережі (наприклад: повітроводи для кисню).

*Витрати завершення експлуатації об'єкта ( $E$ )* розглядаються з точки зору власника будівлі (споруди), а не самого об'єкта. Завершення експлуатації - це не обов'язково ліквідація (демонтаж) об'єкта. Перепрофілювання, переоснащення чи перехід об'єкта до іншого власника теж розглядаються як завершення експлуатації. Тому етап завершення експлуатації може завершитись не тільки витратами але й доходами.

До витрат на завершення експлуатації об'єкта які стосуються всіх конструктивних елементів ( $E_A$ ) можуть бути віднесені роботи з обстеження перед завершенням експлуатації, підготовчі роботи перед демонтажем, відновлення території після зносу або залишкова балансова вартість об'єкта, якщо вона не компенсується.

Витрати на завершення експлуатації конструктивного елементу ( $E_K$ ) можуть включати в різних комбінаціях:

- вартість демонтажу конструктиву;
- вартість утилізації та/чи захоронення;
- вартість ремонту перед передачею права власності на об'єкт чи конструктив;
- вартість продажу конструктиву.

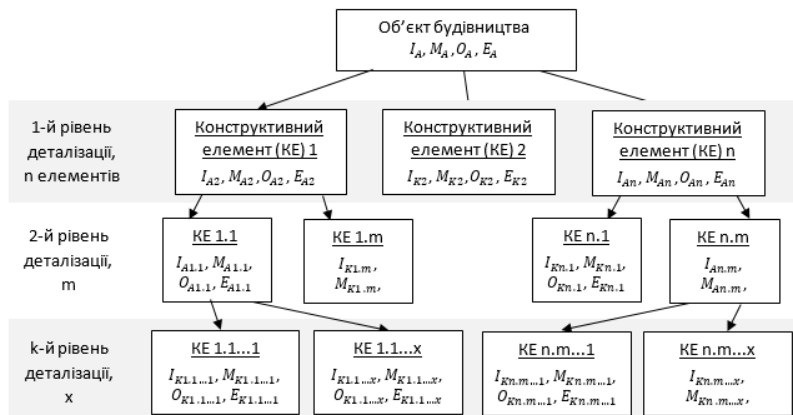
Планова вартість обстеження, підготовчих будівельних робіт та робіт з рекультивації, вартість демонтажу та ремонту може визначатись з використанням вже згаданих нормативних документів. Вартість утилізації та/чи захоронення має визначатись у відповідності до вимог чинного законодавства у частині поводження з відходами. Вивчення цього питання на початкових стадіях проектування може призвести до використання під час будівництва інших матеріалів та/чи технологій, які дозволять значно знизити ці витрати, уникнути їх, чи отримати дохід від завершення експлуатації.

Також необхідно зауважити, що у випадку завершення експлуатації шляхом продажу на ціну може значно вплинути технічний стан об'єкта, відображаючи результати впровадження і дотримання політики технічного обслуговування та витрат протягом життєвого циклу.

#### Розподілення витрат за конструктивними елементами в цифровій моделі.

Загальна схема розподілення витрат за конструктивними елементами ( $KE$ ) в цифровій інформаційній моделі проєкту зображена на **рис. 1**.





Джерело: Складено С. Січним

Витрати які стосуються і-го конструктивного елемента будуть записані в ВІМ в атрибутах відповідного елемента. Витрати які стосуються всіх конструктивних елементів ( $I_A, M_A, O_A, E_A$ ) будуть записані в ВІМ для об'єкта в цілому або для відповідного конструктивного елемента вищого рівня. Витрати для одного конструктивного елемента ( $I_K, M_K, O_K, E_K$ ) будуть тільки у елементах, які не поділяються на дрібніші (у «листочків», якщо застосовувати термінологію прийняту для графів). На інших, вищих, рівнях знаходяться витрати які стосуються всіх вкладених елементів. Загальна сума витрат у моделі розкладається зверху вниз, а збирається навпаки, знизу догори. Таким чином, витрати деталізуються і уточнюються «природним» шляхом по мірі деталізації проекту. Декомпозиція ВІМ-елемента на конструктиви нижчого рівня вимагає не тільки декомпозиції витрат але і перегляду витрат для суміжних елементів.

Рис. 1 демонструє можливість застосування теорії графів до завдань оцінки вартості і оптимізації витрат життєвого циклу об'єкту будівництва. Це значно спрощує розробку математичного апарату і відповідних алгоритмів.

Підпорядкованість конструктивних елементів на рис. 1 відповідає структурі ВІМ. Однакові конструктивні елементи, маючи однакові витрати життєвого циклу, можуть міститись на різних гілках і рівнях ВІМ-моделі відрізняючись просторовими даними. Наприклад: якщо  $KE_2$  і  $KE_n.m.x$  - це квартири однакового планування на різних поверхах житлового будинку (чи колони, чи стіни, чи інші однакові конструктиви), їхні власні планові (майбутні) витрати життєвого циклу будуть однакові:

$$LCC_{K2} = LCC_{Kn.m.x}; \quad (8)$$

Але:

$$LCC_{A2} \neq LCC_{An.m.x}; \quad \text{і} \quad LCC_2 \neq LCC_{n.m.x}; \quad (9)$$

У моделях формату IFC4, для кожного конструктивного елемента, окрім підпорядкованості, користувач може задати його тип і клас. Кожний тип відповідає

спеціальному елементу зі стандартної бібліотеки ІФС яка постійно поповнюється. Обраний тип визначає обов'язкові властивості для такого елемента, правила його використання користувачем та обробки програмним забезпеченням. Всі однотипні елементи можуть бути згруповані за певними ознаками (властивостями) або певним ознакам можуть задаватись значення «за замовчуванням» (наперед визначені для певного типу елементів). Цілком можливо для однакових конструктивних елементів встановлювати «за замовчуванням» початкові планові витрати життєвого циклу, які будуть визначатись шляхом узагальнення відповідних фактичних витрат на об'єктах, що експлуатуються чи вже виведені з експлуатації. Реалізація такого «кругообігу» інформації у BIM на об'єктах державної і комунальної власності забезпечить:

- накопичення і постійне поновлення інформації необхідної для ефективного управління державними активами;
- єдність підходів до оцінювання вартості життєвого циклу на всіх етапах проектування та будівництва;
- прозорість встановлення очікуваної вартості закупівель робіт та послуг з будівництва, утримання, експлуатації та ліквідації будинків та споруд.

Таким чином, першим кроком на шляху застосування сучасних методів управління вартістю життєвого циклу об'єктів будівництва є стандартизація (уніфікація):

- інформації про витрати життєвого циклу в складі цифрової моделі будови;
- структури об'єкту, його конструктивних елементів.

Уніфікація (стандартизація) відображення інформації (запис, зберігання, редагування, видалення) про витрати життєвого циклу у BIM-моделі має відбуватись одночасно за двома напрямками: за економічним змістом і набором даних цифрового формату. В BIM-моделі мають зберігатись два значення витрат «план» і «факт», кожне з яких може задаватись значенням (сумою) або розрахунком (кошторисом). Всі витрати життєвого циклу мають розподілятись у часі – для кожного «плану» і «факту» потрібні дві дати: «початок» і «завершення». Перелік та деталізація витрат має відповідати переліку і структурі конструктивних елементів в BIM.

Елементно-функціональна класифікація або хоча би стандартна номенклатура (бібліотека) конструктивних елементів об'єктів будівництва можуть бути використані, в першу чергу:

- для збору і накопичення даних про фактичні витрати протягом життєвого циклу окремих конструктивів і об'єкта в цілому;
- для порівняльної оцінки вартості життєвого циклу різних варіантів проектних рішень шляхом розрахунку планових витрат життєвого циклу для альтернативних наборів конструктивних елементів;
- для планування і контролю державних капітальних інвестицій, будучи гармонізованим з національними системами ціноутворення і кошторисного нормування в будівництві, не вимагаючи їх уніфікації.

**Висновки та пропозиції.** Запропонований підхід дозволяє, використовуючи технології BIM-проекування, об'єктивно оцінювати проектні рішення по мірі їх появи з точки зору їх впливу на вартість життєвого циклу об'єкту. При цьому:

- оцінювання витрат життєвого циклу кількох альтернативних проектних рішень не вимагає виконання розрахунків для об'єкту в цілому, адже по за межами конструктиву решта показників сталі, можуть і мають розглядатись як константа;

- спрощується оцінка вартості життєвого циклу на етапі експлуатації, під час планування і проведення капітального ремонту. Конструктиви, що підлягають ремонту визначаються шляхом обстеження. Оцінка нової вартості життєвого циклу за результатами проведення капітального ремонту може зводитись до розрахунків пов'язаних з новою вартістю життєвого циклу відремонтованих конструктивів і перевіркою та корегуванням окремих показників вартості життєвого циклу об'єкта в цілому без повного обсягу розрахунків;

- управлінський облік доходів, витрат та стану резервного фонду в розрізі конструктивних елементів будинку є основою для вартісно-орієнтованого управління будинком (спорудою).

Елементно-функціональна класифікація, стандартизація, уніфікація переліку і структури конструктивних елементів об'єктів, на відміну від класифікації робіт, яка зараз застосовується в Україні для розрахунку вартості будівництва, дозволяє отримати структуру вартості, що не залежить від особливостей конструкції, технології будівництва або використаних матеріально-технічних ресурсів. Це дає можливість управляти проектами капітальних інвестицій на всіх етапах життєвого циклу: планування, проектування, будівництва і особливо - експлуатації об'єктів. Тому уніфікація, стандартизація, класифікація конструктивних елементів об'єктів будівництва та нормативне впровадження групування робіт за конструктивами в кошторисній документації потребує подальшого розвитку та запровадження.

Додаткового дослідження потребують:

- методологія відображення в обліку за конструктивними елементами фактичних адміністративних витрат, інших витрат та прибутку (які формують повну вартість конструктивного елемента). Зокрема, для цілей контролю інженерами-консультантами виробничої собівартості конструктивного елемента (як об'єкта витрат), доцільним може бути накопичення витрат загальногосподарського характеру та прибутку на окремому субрахунку другого порядку субрахунку 151 «Капітальне будівництво» для подальшого їх розподілу на кожен конструктивний елемент при введенні об'єкта в експлуатацію;

- удосконалення та взаємоузгодження методики оцінки кошторисної та первісної вартості об'єкта будівництва при введенні його в експлуатацію, удосконалення обліку витрат по конструктивних та просторових елементах будинку (споруди), а на цій основі – удосконалення управління об'єктами нерухомості на мікро-, місцевому та державному рівнях.

### ***Список літератури:***

1. Закон України "Про публічні закупівлі" 25.12.2015р. № 922-VII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text>

2. Наказ Мінекономіки від 28.09.2020 № 1894 "Про затвердження Примірної методики визначення вартості життєвого циклу" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/LegislativeActs/Detail?lang=uk-UA&id=32140d03-5eb-4988-8790-6d60d1c84a93>

3. Public procurement. The Public Contracts Regulations 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2015/102/pdfs/ukxi\\_20150102\\_en.pdf](https://www.legislation.gov.uk/ukksi/2015/102/pdfs/ukxi_20150102_en.pdf)

4. ДСТУ ISO 15686-5:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу (ISO 15686-5:2017, IDT)

5. MasterFormat 95™. The Construction Specifications Institute. 1995 edition/ Alexandria, VA: The Construction Specifications Institute, 1995.

6. Николаев В.П. Информационное и нормативно-методическое обеспечение анализа жизненного цикла капитальных инвестиций / В.П. Николаев // Формування ринкових відносин в Україні: 36. Наук. Праць / Наук. Ред. І. Г. Манцуров. – К.: НДЕІ Мінекономрозвитку і торгівлі, 2011. - №. 9. – С. 88 – 93.

7. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/>

8. Николаев В.П., Николаева Т.В. Ціноутворення, кошторисна справа і нові інформаційні технології у підвищенні ефективності будівництва. - Івано-Франківськ: Методичний центр «Будівництво - сучасні технології», 2016. 128 с.

9. Розпорядження КМУ від 17.02.2021р. № 152-р «Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80>

10. Gardner D. The product life cycle: A critical look at the literature // Review of marketing, 1987. - P. 162 - 195.

11. Flanagan R., Jewell C., Norman G. Whole life appraisal for construction / John Wiley and Sons, 2005. – 182 p.

12. ISO 14040: 2006. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структурная схема. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iso.org/iso/ru/catalogue>

13. ISO 15686-4: 2014. Строительство зданий. Планирование срока службы с использованием информационного моделирования зданий. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.iso.org/iso/ru/iso\\_catalogue](http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue)

14. ISO 55000: 2014. Менеджмент активов. Обзор, принципы и технология. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc)

15. ДСТУ ISO 15686-1:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування терміну служби. Частина 1. Основні принципи та методологія (ISO 15686-1:2011, IDT)

16. ISO 15663-1 Нафтова і газова промисловість. Оцінка вартості життєвого циклу. Методологія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/ru/standard/28625.html>

17. ДСТУ ISO 14040:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT)

18. Николаев В.П. Введение в рыночную экономику строительства / В.П. Николаев. - К.: Будівельник, 1991. – 88 с.
19. Ніколаєва Т.В. Науково-методичні основи управління господарськими системами домоволодіння. Дис. ...канд. екон. наук: 08.00.04 / Ніколаєва Тетяна Володимирівна. – К.: НДЕІ, 2013. - 175 с.
20. Бабак А.В. Адаптація вартісно-орієнтованого управління підприємством до об'єктів житлової нерухомості. Дис. канд. екон. наук 08.00.04. Київ, КНУБА, 2021.
21. ДСТУ ISO 19650-1:2020 Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи (ISO 19650-1:2018, IDT)
22. ISO 16739-1:2018. Основні класи галузі (IFC) для обміну даними в галузі будівництва та управління об'єктами — Частина 1: Схема даних. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/70303.html>
23. Правила утримання жилих будинків і прибудинкових територій [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0927-05>
24. Постанова КМУ від 12.04.2017р. № 257 Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF-235>.
25. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://pdf.sop.zp.ua/standart\\_dstu-n\\_b\\_v\\_1\\_2-18\\_2016.pdf](http://pdf.sop.zp.ua/standart_dstu-n_b_v_1_2-18_2016.pdf)
26. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості проектних, науково-проектних, вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-proektnyh-naukovo-proektnyh-vyshukuvalnyh-robit-ta-ekspertyzy-proektnoyi-dokumentaciyi-na-budivnyctvo/koshtorysni-normy-ukrayiny-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-proektnyh-naukovo-proektnyh-vyshukuvalnyh-robit-ta-ekspertyzy-proektnoyi-dokumentaciyi-na-budivnyctvo/>
27. Predictive vs Preventive Maintenance. Which Maintenance Approach is right for me? [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://limblecmms.com/preventive-maintenance/preventive-vs-predictive-maintenance/>
28. Наказ Мінрегіону від 27.07.2018 № 190 «Про затвердження Обов'язкового переліку робіт (послуг), витрати на які включаються до складу витрат на утримання багатоквартирного будинку та прибудинкової території»

### **References:**

1. Закон України «Про публічні закупівлі» 25.12.2015 № 922-VII. (2015). Kyiv, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text> [in Ukrainian]

2. Pro zatverdzhennia Prymirnoi metodyky vyznachennia vartosti zhyttievoho tsykladu. (2020). Kyiv, Minekonomiky Ukrainy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/LegislativeActs/Detail?lang=uk-UA&id=32140d03-5eb-4988-8790-6d60d1c84a93> [in Ukrainian]
3. Public procurement. The Public Contracts Regulations 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2015/102/pdfs/ukxi\\_20150102\\_en.pdf](https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2015/102/pdfs/ukxi_20150102_en.pdf)
4. DSTU ISO 15686-5:2020 Budivli ta obiekty nerukhomoho maina. Planuvannia stroku ekspluatatsii. Chastyna 5. Otsiniuvannia vartosti zhyttievoho tsykladu (ISO 15686-5:2017, IDT). (2020). Kyiv, Minrehion Ukrainy [in Ukrainian]
5. MasterFormat 95™. The Construction Specifications Institute. 1995 edition/ Alexandria, VA: The Construction Specifications Institute, 1995.
6. Nykolaev V.P. (2011) Ynformatsyonnoe y normatyvno-metodycheskoe obespechenye analiza zhyznennoho tsyklu kapitalnykh ynvestytsiy / V.P. Nykolaev // *Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini: Zb. Nauk. Prats / Nauk. Red. I. H. Mantsurov.* – K.: NDEI Minekonomrozyvtyku i torhivli, 2011. - №. 9. – P. 88 – 93.
7. Koshtorysni normy Ukrainy «Nastanova z vyznachennia vartosti budivnytstva». (2021). Kyiv, Minrehion Ukrainy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/koshtorysni-normy-ukrayiny-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/nastanova-z-vyznachennya-vartosti-budivnyctva/>
8. Nikolaiev V.P., Nikolaieva T.V. (2016) Tsinoutvorennia, koshtorysna sprava i novi informatsiini tekhnologii u pidvyshchenni efektyvnosti budivnytstva. - *Ivano-Frankivsk: Metodychnyi tsentr «Budivnytstvo - suchasni tekhnologii»*, 2016. 128 p.
9. Pro skhvalennia Kontseptsii vprovadzhenia tekhnologii budivelnoho informatsiinoho modeliuвання (VIM-tekhnologii) v Ukraini ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii/ (2021). Kyiv., KМУ 17.02.2021. № 152-г [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80>
10. Gardner D. The product life cycle: A critical look at the literature // *Review of marketing*, 1987. - P. 162 - 195.
11. Flanagan R., Jewell C., Norman G. Whole life appraisal for construction / John Wiley and Sons, 2005. – 182 p.
12. ISO 14040: 2006. Ekologicheskii menedzhment. Otsenka zhiznennogo tsykla. Printsipi i strukturnaya skhema. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iso.org/iso/ru/catalogue>
13. ISO 15686-4: 2014. Stroitelstvo zdaniy. Planirovanie sroka sluzhbi s ispolzovaniem informatsionnogo modelirovaniya zdaniy. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.iso.org/iso/ru/iso\\_catalogue](http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue)
14. ISO 55000: 2014. Menedzhment aktivov. Obzor, printsipi i tekhnologiya. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc)
15. DSTU ISO 15686-1:2020 Budivli ta obiekty nerukhomoho maina. Planuvannia terminu sluzhby. Chastyna 1. Osnovni pryntsypy ta metodolohiia (ISO 15686-1:2011, IDT). (2020). Kyiv, Minrehion Ukrainy

16. ISO 15663-1 Naftova i hazova promyslovist. Otsinka vartosti zhyttievoho tsykladu. Metodolohiia. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/ru/standard/28625.html>

17. DSTU ISO 14040:2013 Ekolohichne upravlinnia. Otsiniuvannia zhyttievoho tsykladu. Pryntsyru ta struktura (ISO 14040:2006, IDT). (2013). Kyiv, Minrehiion Ukrainy

18. Nikolaev V.P. (1991) Vvedenie v rinochnuyu ekonomiku stroitelstva / V.P. Nikolaev. - K.: *Budivelnik*, 1991. – 88 p.

19. Nikolaieva T.V. (2013) Naukovo-metodychni osnovy upravlinnia hospodarskymy systemamy domovolodinnia. Dys. ...kand..ekon.nauk: 08.00.04 / Nikolaieva Tetiana Volodymyrivna. – K.: NDEI, 2013. - 175 p.

20. Babak A.V. (2021) Adaptatsiia vartisno-orientovanoho upravlinnia pidpriemstvom do ob'ektiv zhytlovoi nerukhomosti. Dys. kand. ekon. nauk 08.00.04. Kyiv, KNUBA, 2021.

21. DSTU ISO 19650-1:2020 Orhanizatsiia ta otsyfruvannia informatsii shchodo budivel ta sporud vključno z budivelnym informatsiynym modeliuvanniam (VIM). Upravlinnia informatsiieiu z vykorystanniam budivelnoho informatsiinoho modeliuvannia. Chastyna 1. Kontseptsii ta pryntsyru (ISO 19650-1:2018, IDT) . (2020). Kyiv, Minrehiion Ukrainy

22. ISO 16739-1:2018. Osnovni klasy haluzi (IFC) dlia obminu danymy v haluzi budivnytstva ta upravlinnia ob'ektamy — Chastyna 1: Skhema danykh. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/70303.html>

23. Pravyla utymannia zhylykh budynkiv i prybudynkovykh terytorii [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0927-05>

24. Poriadok provedennia obstezhennia pryiniatykh v ekspluatatsiiu ob'ektiv budivnytstva [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-%D0%BF-235> с.

25. DSTU-N B V.1.2-18:2016 «Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu». (2016). Kyiv, Minoehion Ukrainy [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://pdf.sop.zp.ua/standart\\_dstu-n\\_b\\_v\\_1\\_2-18\\_2016.pdf](http://pdf.sop.zp.ua/standart_dstu-n_b_v_1_2-18_2016.pdf)

26. Koshtorysni normy Ukrainy «Nastanova z vyznachennia vartosti proektnykh, naukovo-proektnykh, vyshukuvalnykh robit ta ekspertyzu proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo». (2021). Kyiv, Minrehiion Ukrainy [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/naryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-proektnykh-naukovo-proektnykh-vyshukuvalnykh-robot-ta-ekspertyzu-proektnoi-dokumentacziyi-na-budivnytstvo/koshtorysni-normy-ukrayiny-nastanova-z-vyznachennya-vartosti-proektnykh-naukovo-proektnykh-vyshukuvalnykh-robot-ta-ekspertyzu-proektnoi-dokumentacziyi-na-budivnytstvo/>

27. Predictive vs Preventive Maintenance. Which Maintenance Approach is right for me? [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://limblecmms.com/preventive-maintenance/preventive-vs-predictive-maintenance/>

28. Pro zatverdzhennia Oboviazkovooho pereliku robit (posluh), vytraty na yaki vkluchaiutsia do skladu vytrat na utrymannia bahatokvartyrnoho budynku ta prybudynkovoï terytorii. (2018). Kyiv, Minrehion Ukrainy 27.07.2018 № 190

***Sichnyi S., Shcherbyna A. Decomposition of the building into structural elements in the assessment of life cycle costs of construction objects.***

*The article substantiates the author's methodological approach to determining the cost of the life cycle of a construction object at the stage of preparing investor estimate documentation, taking into account the current industry regulatory and methodological framework and focusing primarily on the public customer. The necessity of calculating (grouping) investor estimate documentation is shown not by types of construction works, but by structural elements that have a generalizing and unchanging nature when determining the cost of construction, maintenance and repair of the object, which makes the structural elements the necessary unit for determining the cost of the life cycle.*

*The possibility of decomposition of structural elements by levels of generalization related to the structure of the market of contractors and their products was also noted. The rules for the initial formation, use and subsequent clarification of value indicators during the design and development of the investor estimate documentation and at the subsequent stages of construction, maintenance (repair) and completion of operation of the object are proposed. In this way, the evolutionary nature of the methodology is noted as the data necessary for calculations are accumulated and refined.*

*The application part shows the compatibility of the proposed approach and BIM technologies, which also operate with structural elements. The procedure for displaying life cycle costs in the digital information model of the project is proposed, according to the levels of generalization and content - costs in the BIM model can be planned and actual and can be specified by value (amount) or calculation (estimate). The possibility of applying graph theory to the tasks of calculating the costs of the life cycle of a construction object is illustrated, which facilitates the development of mathematical apparatus and corresponding algorithms for estimating the cost of the life cycle using the BIM model.*

*Corresponding changes to the current DSTU are proposed in terms of the development and standardization of the nomenclature of structural elements of buildings and structures and the standardization of the structure and the order of displaying information about the life cycle costs of the construction object in the BIM model.*

***Keywords: cost, life cycle, structural elements, expenses, construction object, BIM.***

***Посилання на статтю***

**APA:** Sichnyi S., Shcherbyna A. (2022). Decomposition of the building into structural elements in the assessment of life cycle costs of construction objects. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn.* 50 (2). 107-122.

**ДСТУ:** Січний С.Б., Щербина А.А. Декомпозиція споруди на конструктивні елементи в оцінюванні витрат життєвого циклу об'єктів будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2022. № 50 (2). С. 107-122.