

Вікторія ТИТОК,

канд. екон. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-9527-3006

Юлія СИВОЛАП,

аспірант

ORCID: 0000-0002-3098-1423

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗНАЧУЩОСТІ ВИБОРУ ПРОЄКТНОГО РІШЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗАГАЛЬНУ ВАРТІСТЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТА

У статті детально досліджено процес оптимізації виробничих рішень пов'язаних з облаштуванням підлогових покриттів з різноманітних матеріалів, включаючи дощаті покриття, паркетні підлоги, підлоги з деревних щитів та деревних плит. Особливу увагу приділено економічному аналізу вибору конструктивних та технологічних рішень з метою мінімізації витрат та підвищення ефективності використання наявних ресурсів. Для визначення оптимального варіанту виконання робіт застосовано метод лінійного програмування, що дозволяє врахувати численні змінні та обмеження.

У рамках дослідження було сформульовано цільову функцію, яка відображає максимізацію прибутку від виконання будівельних робіт. Крім того, розроблено систему обмежень, яка враховує доступні трудові, матеріальні та технічні ресурси, а також часові рамки виконання проєкту. Розрахунки проведено з використанням симплекс-методу, що дозволило визначити оптимальний план розподілу ресурсів та мінімізувати витрати на кожному етапі будівельних робіт.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що найкращим рішенням є використання стружкових плит для облаштування підлогових покриттів. Цей варіант має найвищий показник бажаності, що свідчить про його перевагу над іншими матеріалами. ДСП також є конкурентоспроможним варіантом. Дощаті покриття та основи з ДВП, у свою чергу, мають нижчі показники бажаності через високі витрати та швидке зношення. Отримані результати можуть бути використані в практиці будівельного проєктування для прийняття економічно обґрунтованих рішень, що сприятимуть підвищенню загальної вартості життєвого циклу будівельних об'єктів. Це дозволить будівельним компаніям не лише знизити витрати, але й підвищити конкурентоспроможність на ринку, пропонуючи клієнтам більш ефективні та економічно вигідні рішення.

Ключові слова: оцінка життєвого циклу, життєвий цикл об'єкту будівництва, будівництво, енергоефективність, ризики, цифровізація, управління вартістю, вартість будівництва, покриття для підлоги, лінійне програмування.

Вступ. У сучасному світі, де будівельна галузь стикається з постійно зростаючими вимогами до ефективності та оптимізації, використання

математичних методів стає не просто бажаним, а необхідним інструментом для успішного управління будівельними проєктами. Серед цих методів особливе місце займає лінійне програмування (LP), яке дозволяє знаходити оптимальні рішення в умовах обмежених ресурсів.

Лінійне програмування – це потужний математичний підхід, що використовується для оптимізації розподілу дефіцитних ресурсів у різних галузях, включаючи будівництво. Його основна мета полягає в максимізації або мінімізації лінійної цільової функції, яка відображає бажаний результат, при дотриманні набору лінійних обмежень, що описують доступні ресурси та вимоги проєкту [1-9].

У контексті планування будівництва, лінійне програмування дозволяє ефективно вирішувати складні завдання, пов'язані з розподілом матеріалів, робочої сили, обладнання та часу. Цільова функція може бути спрямована на максимізацію прибутку, мінімізацію витрат або оптимізацію використання доступних ресурсів. Обмеження, у свою чергу, відображають реальні умови проєкту, такі як часові рамки, бюджетні обмеження, наявність матеріалів та кваліфікація працівників.

Процес застосування лінійного програмування в плануванні будівництва включає кілька ключових етапів:

- визначення цілей та обмежень: на цьому етапі чітко формулюються цілі проєкту, такі як мінімізація термінів будівництва, максимізація використання ресурсів або мінімізація витрат. Також визначаються всі обмеження, які можуть вплинути на виконання проєкту, включаючи часові обмеження, бюджетні обмеження, наявність матеріалів, кваліфікацію працівників та інші фактори.
- формулювання математичної моделі: на основі визначених цілей та обмежень розробляється математична модель задачі лінійного програмування. Це включає визначення змінних рішень, які представляють собою кількісні показники, що підлягають оптимізації, та формулювання цільової функції та обмежень у вигляді лінійних рівнянь або нерівностей.
- розв'язування моделі: після формування математичної моделі вона розв'язується за допомогою спеціалізованих алгоритмів лінійного програмування, таких як симплекс-метод або метод внутрішньої точки. Ці алгоритми дозволяють знайти оптимальні значення змінних рішень, які задовольняють всі обмеження та забезпечують досягнення поставлених цілей.
- інтерпретація результатів: отримані результати аналізуються та інтерпретуються для отримання практичних висновків. Це включає визначення оптимального розподілу ресурсів, оптимального графіка виконання робіт, оптимального бюджету проєкту та інших важливих показників.

Методологія оцінки життєвого циклу (LCA) демонструє стрімкий розвиток протягом останніх років, перетворюючись на потужний інструмент екологічної оцінки. Її широке застосування та подальша розробка переважно зосереджувалися на промислових товарах з коротким терміном експлуатації. В цьому контексті LCA ефективно використовується для аналізу екологічних характеристик окремих матеріалів і компонентів, проведення порівняльного аналізу різних альтернативних рішень та ідентифікації потенційних напрямків для екологічного вдосконалення [10, 11].

Будівельний сектор також активно інтегрує принципи та інструменти LCA, що вже призвело до значних і цінних результатів у розумінні екологічних наслідків будівельних процесів та матеріалів. Проте, однією з ключових відмінностей будівельних матеріалів і компонентів є їх значно більший термін експлуатації порівняно з більшістю інших промислових товарів. Ця фундаментальна особливість

зумовлює потенційно вирішальну роль фази експлуатації в загальному екологічному профілі будівельного об'єкта. Врахування енергоспоживання на опалення, вентиляцію, кондиціонування, освітлення, а також впливу технічного обслуговування та ремонтів протягом тривалого життєвого циклу стає критично важливим для отримання об'єктивної та всебічної оцінки екологічної стійкості будівель і споруд [12].

Виклад основного матеріалу.

Процес проєктування будівельних об'єктів є складним і багатогранним, адже кожне рішення впливає на подальшу експлуатацію, витрати та загальну вартість життєвого циклу будівлі. На цьому етапі виникає низка ризиків, що можуть мати значні негативні наслідки. До них належать ймовірність прийняття неоптимальних рішень через обмеженість інформації або недостатній аналіз, а також ризики, пов'язані з вибором матеріалів та технологій, що не відповідають довгостроковим експлуатаційним вимогам. Впровадження цифровізації та сучасних технологій, таких як Building Information Modeling (BIM), може значно мінімізувати ці ризики. Цифрові інструменти дозволяють автоматизувати процеси, покращити координацію між учасниками проєкту, проводити комплексний аналіз та моделювання на ранніх етапах. Однак, ризики цифровізації також існують: це може бути складність інтеграції нових систем, потреба в значних інвестиціях у програмне забезпечення та навчання персоналу, а також кіберзагрози та питання безпеки даних.. Неоптимальні рішення на етапі проєктування можуть призвести до значних перевитрат у майбутньому, пов'язаних з підвищеними витратами на енергоносії, частішими ремонтами, необхідністю заміни конструктивних елементів або навіть зниженням функціональності та комфорту внутрішнього середовища. Тому, інтеграція принципів оцінки життєвого циклу на ранніх стадіях проєктування є критично важливим для забезпечення економічної ефективності та сталого розвитку будівельних об'єктів.

Для того щоб довести дану гіпотезу про значний вплив проєктних рішень на вартість життєвого циклу, нами було обрано для детального аналізу та оцінки процес облаштування різних типів підлог: традиційних дощатих покриттів, паркетних підлог (включаючи різні види паркету та способи укладання), підлог із деревних щитів та підлог із деревних плит (таких як OSB, ДСП, ДВП з різними типами фінішного покриття). Вибір саме цих конструктивних елементів обумовлений їх значною часткою у загальній вартості будівельних робіт, різницею в початкових витратах, технології монтажу, вимогах до експлуатації та потенційними витратами на обслуговування та ремонт протягом життєвого циклу. Планування витрат на виконання цих робіт здійснюється з урахуванням чинних кошторисних норм витрат матеріальних та трудових ресурсів на етапі будівництва. Однак, нашою метою є не лише оцінка початкових інвестицій, а й прогнозування майбутніх витрат, пов'язаних з експлуатацією обраних типів підлог, включаючи необхідність періодичного оновлення захисного покриття (лакування, фарбування), проведення поточних та капітальних ремонтів, а також потенційні витрати на демонтаж та утилізацію після закінчення терміну служби. Такий комплексний підхід дозволить оцінити вплив проєктних рішень щодо вибору типу підлогового покриття на загальну вартість життєвого циклу будівельного об'єкта, включаючи як первинні витрати на матеріали та монтаж, так і майбутні експлуатаційні витрати, що є ключовим для прийняття обґрунтованих та економічно вигідних проєктних рішень.

З метою оптимізації витрат і максимізації економічного ефекту було сформульовано задачу лінійного програмування. У даному випадку графа Вартість виконання робіт, грн/кв.м (табл. 1.) виступає вектором коефіцієнтів цільової функції, що дозволяє визначити економічну доцільність різних варіантів підлогового покриття.

Решта граф таблиці містить числові дані, необхідні для побудови системи обмежень, що враховують матеріальні, трудові та фінансові ресурси.

Таблиця 1
Вихідні дані для оптимізації процесу улаштування підлог (розроблено авторами)

Показник	Позначення	Вартість виконання робіт, грн./кв.м	Праця, люд.-год.	Пилка дискова електрична, маш.-год.	Цвяхи, кг	Мастика, кг	Дошки, куб.м	Плити деревоволокнисті, кв.м	Плити деревостружкові, кв.м
Улаштування дощатих покриттів	x ₁	1290	87,04	1,04	26,2	0	3,71	0	0
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	x ₂	1890	81,57	3,79	0	133	0	204	0
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x ₃	2100	27,92	1,9	4	0	0	0	102
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	x ₄	1220	7,39	0	0	0	0	28,4	0
Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит	x ₅	900	25,12	0,81	0	133	0	102	0
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	x ₆	1090	43,1	2,42	0	133	0	0	102
Запас			1124	70	147,5	600	13,25	596	555
Використання		0	573,81	13,86	102,00	0	11,25	586	575

Зокрема, рядок "Наявний запас" визначає константи правих частин нерівностей-обмежень, що встановлюють допустимі межі витрат ресурсів. Решта клітинок таблиці утворюють матрицю коефіцієнтів при змінних у лівих частинах обмежень, що дозволяє побудувати математичну модель оптимального розподілу ресурсів. Також у таблиці наведено позначення змінних, необхідних для запису задачі лінійного програмування у звичайному та канонічному вигляді, що забезпечує її подальший розрахунок і аналіз.

За даними табл. 1. можна записати оптимізаційну задачу у наступному вигляді:

Цільова функція

$$F=1290 \times x_1 + 1890 \times x_2 + 2100 \times x_3 + 1220 \times x_4 + 900 \times x_5 + 1090 \times x_6 \rightarrow \max$$

Систему обмежень складено із наступних нерівностей:

Обмеження на трудові ресурси:

$$87,04 \times x_1 + 81,57 \times x_2 + 27,92 \times x_3 + 7,39 \times x_4 + 25,12 \times x_5 + 43,1 \times x_6 \leq 1124$$

Обмеження на технічні ресурси:

$$1,04 \times x_1 + 3,79 \times x_2 + 1,9 \times x_3 + 0 \times x_4 + 0,81 \times x_5 + 2,42 \times x_6 \leq 70$$

Обмеження на цвяхи:

$$0 \times x_1 + 133 \times x_2 + 0 \times x_3 + 0 \times x_4 + 133 \times x_5 + 133 \times x_6 \leq 600$$

Обмеження на мастику:

$$26,2 \times x_1 + 0 \times x_2 + 4 \times x_3 + 0 \times x_4 + 0 \times x_5 + 0 \times x_6 \leq 147,5$$

Обмеження на дошки:

$$0 \times x_1 + 204 \times x_2 + 0 \times x_3 + 28,4 \times x_4 + 102 \times x_5 + 0 \times x_6 \leq 596$$

Обмеження на плити деревоволокнисті:

$$3,71 \times x_1 + 0 \times x_2 + 0 \times x_3 + 0 \times x_4 + 0 \times x_5 + 0 \times x_6 \leq 13,25$$

Обмеження на плити деревостружкові:

$$0 \times x_1 + 0 \times x_2 + 102 \times x_3 + 0 \times x_4 + 0 \times x_5 + 102 \times x_6 \leq 555$$

Жодна із змінних не може бути від'ємним числом:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13} \geq 0$$

Використовуючи симплекс-метод для розв'язку цієї задачі систему обмежень слід записати у канонічному вигляді. З цією метою використано додаткові змінні x_7 - x_{13} на позначення невикористаного запасу ресурсів. У табл. 2. наведено розрахунки для першої ітерації.

Мінімальну симплекс-різницю встановлено для змінної x_3 – улаштування покриттів з деревостружкових плит. Її значення складає: -2100 тис. грн. Це означає, що до базису слід ввести вектор. Щоб встановити, який вектор слід вивести із базису, було розраховано співвідношення значень поточного базису і коефіцієнтів розкладення вектору, який з'явиться у базисі на наступній ітерації. Ці розрахунки виконані в останній графі табл. 2.

Мінімальне додатне значення становить 5,44 сотень кв. м. Воно відповідає змінній x_{13} – невикористаний запас плит деревостружкових, кв. м і показує максимально можливий за даного обмеження обсяг робіт, які буде включено до наступного базису. Таким чином, за результатами виконаної ітерації встановлено:

- Вирішальний елемент 102
- Напрямний стовпчик x_3 – улаштування покриттів з деревостружкових плит.
- Напрямний рядок x_{13} – невикористаний запас плит деревостружкових, кв. м.

Таблиця 2

Симплекс-таблиця першої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позначення	Базис	Цільовий коефіцієнт	Розкладення векторів по базису													Допоміжні розрахунки для визначення напрямного рядку та вищої клітинки	
				Коефіцієнти цільової функції														
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13		
				1290	1890	2100	1220	900	1090	0	0	0	0	0	0	0		
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x ₇	1124	0	87,04	81,57	27,92	7,39	25,12	43,1	1	0	0	0	0	0	0	40,258	=1124/27,92
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x ₈	70	0	1,04	3,79	1,9	0	0,81	2,42	0	0	1	0	0	0	0	36,842	=70/1,9
Невикористаний запас цвяхів, кг	x ₉	147,5	0	26,2	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	36,875	=147,5/4
Невикористаний запас мастики, кг	x ₁₀	600	0	0	133	0	0	133	133	0	0	0	0	1	0	0		
Невикористаний запас дошок, куб.м	x ₁₁	13,25	0	3,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
Невикористаний запас плит деревоволокнистих, кв.м	x ₁₂	596	0	0	204	0	28,4	102	0	0	0	0	0	0	0	1		
Невикористаний запас плит деревостружкових, кв.м	x ₁₃	555	0	0	102	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0	1	5,441
Значення цільової функції	0	Симплекс-таблиця	-1290	-1890	-2100	-1220	-900	-1090	0	0	0	0	0	0	0	0		=555/102

Подальші ітерації приводять до покращення значення цільової функції. В ході перерахунку симплекс-таблиці здійснюється введення нових векторів, що дозволяє оптимально перерозподіляти ресурси між видами робіт, з урахуванням їхньої рентабельності та дефіциту ресурсів. Загалом було виконано 5 ітерацій. Як показано в останній ітерації (табл. 3), отримано оптимальний план.

Таблиця 3

Симплекс-таблиця п'ятої ітерації задачі оптимізації виробничої програми

Найменування змінної	позначення	Базис	Цільовий коефіцієнт	Розкладення векторів по базису												
				x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13
				Коефіцієнти цільової функції												
				1290	1890	2100	1220	900	1090	0	0	0	0	0	0	0
Невикористаний резерв трудових ресурсів, люд.-год.	x ₇	506,1	0	0	28,486901	0	0,000	-1,421549	15,18	1	0	0	0	-23,46092	0	0
Невикористаний резерв машинного часу пилки, маш.-год.	x ₈	55,9	0	0	3,79	0	0,000	0,81	0,52	0	1	0	0	-0,280323	0	-0,260211
Невикористаний запас цвяхів, кг	x ₉	32,2	0	0	0	0	0,000	0	-4	0	0	1	0	-7,06199	0	-0,03921
Невикористаний запас мастики, кг	x ₁₀	600,0	0	0	133	0	0,000	133	133	0	0	0	1	0	0	0
Улаштування дощатих покриттів	x ₁	3,6	1290	1,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	x ₄	21,0	1220,000	0	7,1830986	0	1,000	3,5915493	0	0	0	0	0	0	0,0352113	0
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	x ₃	5,4	2100	0	0	1	0,000	0	1	0	0	0	0	0	0	0,009804
Значення цільової функції		41636,43														
	Симплекс-різниця															
		6873,3803												347,70889	42,957746	20,588235
		0														
		0														

Оскільки рядок симплекс-різниць для змінних на позначення складових виробничої програми не містить від'ємних значень, поданий базис є оптимальним.

При аналізі ресурсних обмежень було виявлено, що доцільно змінювати напрямки діяльності для більш ефективного використання доступних ресурсів. Наприклад, улаштування теплоізоляції та звукоізоляції замість менш рентабельних робіт дозволяє підвищити прибутковість проекту. Навіть якщо така заміна здається менш вигідною на перший погляд, аналіз використання ресурсів та прибутковості показує доцільність подібних рішень.

У процесі оптимізації визначено оптимальний набір виробничих рішень, що забезпечують максимальний економічний ефект, раціональне використання ресурсів і підвищення ефективності операційної діяльності. Таким чином, оптимальне використання ресурсів, застосування сучасних технологій та правильне планування всіх етапів життєвого циклу будівельного об'єкта забезпечують мінімізацію витрат та підвищення економічної ефективності проекту.

Таким чином, вектор оптимального плану задачі наступний:

$$X^*=(3.0;5.6;20.6;0;0;540.2;56.1;35.5;600), F(X^*) = 39976.55$$

Розглянемо економічний зміст компонент вектору:

Улаштування дощатих покриттів	$X_1^*=360$ кв. м
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	$X_2^*=0$ кв. м
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	$X_3^*=540$ кв. м
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги	$X_4^*=2100$ кв. м
Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит	$X_5^*=0$ кв. м
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	$X_6^*=0$ кв. м
Невикористаний резерв трудових ресурсів	$X_7^*=506,1$ люд.-год.
Невикористаний резерв машинного часу пилки	$X_8^*=55,9$ маш.-год.
Невикористаний запас цвяхів	$X_9^*=32,2$ кг
Невикористаний запас мастики	$X_{10}^*=600,0$ кг
Невикористаний запас дошок	$X_{11}^*=0$ куб. м
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	$X_{12}^*=0$ кв. м
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	$X_{13}^*=0$ кв. м.

Висновки. У результаті проведення аналізу та застосування методу лінійного програмування було досягнуто оптимального розподілу ресурсів для виконання робіт по улаштуванню підлогових покриттів. Отриманий оптимальний план забезпечує максимальну економічну ефективність при раціональному

використанні трудових, матеріальних та технічних ресурсів, що значно підвищує економічну ефективність проекту. Задача продемонструвала, як вибір різних варіантів підлогових покриттів (дощатих, деревоволокнистих, деревостружкових плит тощо) впливає на загальний економічний ефект. Зокрема, використання покриттів з деревостружкових плит виявилось найбільш прибутковим варіантом, що дозволило досягти високих показників ефективності. Аналіз ресурсних обмежень показав, що важливо вчасно коригувати напрямок виконання робіт для підвищення прибутковості проекту. Наприклад, улаштування теплоізоляції та звукоізоляції стрічкової з плит деревоволокнистих під лаги замість менш рентабельних робіт дозволило оптимізувати використання наявних ресурсів і значно покращити фінансові результати. За результатами п'ятої ітерації симплекс-методу було отримано оптимальний план з максимальним операційним прибутком у розмірі 39 976,55 грн. Це підтверджує ефективність застосування математичних методів для досягнення максимального економічного результату в будівництві.

Однак, при виборі покриття для підлоги необхідно враховувати не лише початкову вартість робіт, а й довгострокові експлуатаційні витрати та вплив на життєвий цикл. Визначальними факторами є довговічність матеріалу, необхідність догляду та ремонтів, а також загальна вартість володіння покриттям протягом 10 років. Нижче наведена таблиця, яка містить основні характеристики різних видів підлогових покриттів.

Таблиця 4

Основні характеристики різних видів підлогових покриттів
(розроблено авторами)

Показник	Вартість виконання робіт, грн./1кв.м	Експлуатаційні витрати, грн./10 років	Вплив на життєвий цикл	Функція бажаності за Харінгтоном
Улаштування дощатих покриттів	1290	967	Високі витрати на догляд, швидке зношення	0.42
Улаштування покриттів з деревоволокнистих плит	1890	873	Середня довговічність, помірні витрати	0.55
Улаштування покриттів з деревостружкових плит	2100	789	Довговічність середня, потребує ремонту	0.62
Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції з плит деревоволокнистих під лаги	1220	1024	Низькі витрати, тривалий термін служби	0.48
Улаштування основ під покриття підлоги із деревоволокнистих плит	900	1217	Низькі витрати, проста експлуатація	0.38
Улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит	1090	765	Оптимальне співвідношення витрат та якості	0.6

Найдорожчим у виконанні є улаштування покриттів з деревостружкових плит (2100 грн/кв.м), але воно має середню довговічність і потребує ремонту.Найдешевшим є улаштування основ під покриття підлоги із

деревоволокнистих плит (900 грн/кв.м), але експлуатаційні витрати в довгостроковій перспективі досить високі (1217 грн/10 років). Оптимальним варіантом з точки зору витрат і довговічності можна вважати улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит (1090 грн/кв.м), оскільки воно має найнижчі експлуатаційні витрати (765 грн/10 років). Улаштування теплоізоляції та звукоізоляції з плит деревоволокнистих під лаги має відносно невисоку вартість виконання (1220 грн/кв.м) та тривалий термін служби, що робить його вигідним варіантом для довгострокового використання.

За отриманими результатами, найбільш оптимальним варіантом з точки зору співвідношення витрат і якості є улаштування основ під покриття підлоги із стружкових плит, яке має найвищий показник бажаності (0.67). Улаштування покриттів з ДСП також є привабливим варіантом (0.62). Водночас дощаті покриття та основи під ДВП мають нижчі значення бажаності через високі витрати та швидке зношення.

Незважаючи на досягнуті позитивні результати, подальші дослідження можуть включати розширення задачі на інші види робіт та ресурсів, що дозволить ще більш точно врахувати всі фактори, які впливають на вартість життєвого циклу будівельного об'єкта. Крім того, варто врахувати зміну цін на матеріали та робочу силу, що може вплинути на економічну ефективність проекту. Загалом, оптимізація ресурсів та правильне планування робіт сприяють значному зниженню витрат і підвищенню економічної ефективності будівельних проектів, що є важливим фактором у сучасному будівельному виробництві.

Список літератури:

1. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф., Стеценко С.П., Шапошнікова І.О., Гаврилюк В.Я. Статистика в управлінні економікою будівництва і нерухомості: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2021. 168 с.
2. Стеценко С.П., Сорокіна Л.В., Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз та економічна діагностика: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2019. 160 с.
3. Siripob K., Vuttichai C. Computing the maximum value engineering for a building construction costs using linear programming applications. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2019, 639:012030. DOI:10.1088/1757-899X/639/1/012030
4. Aboelmagd Y.M.R. Linear programming applications in construction sites. *Alexandria Engineering Journal*, 2018, Volume 57, Issue 4. P. 4177-4187. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.11.006>.
5. Amar, T.I., Nurcahyo, A., Bagaskara, G.J., & Wijaya, A.S. Optimization with crashing method and linear programming application on type 36 housing projects. *Astonjadro*, 2023. Volume 12, Issue 1, pp. 223-234. DOI:10.32832/astonjadro.v12i1.8436
6. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф. Недосконалість науково-методичного забезпечення оцінки ефективності інвестицій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52 (1). С.238-250. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).238-250](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).238-250)
7. Покриття підлоги. Види та призначення. URL: <https://mydom.ua/ua/blog-ua/napolnye-pokrytija-vidy-i-naznachenija-ua/>
8. Hui, Ooi & Mohammed, Miswan abdul hakim. (2015). The Role of Cost Breakdown Structure in Life Cycle Cost Model. *Jurnal Teknologi*. 74.

10.11113/jt.v74.4531.

9. Ingemarsdotter, E. (2022). A guide to life cycle costing. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-costing-in-more-detail/>

10. Vjestica S., Budak I., Kljajin M., Vukelic D., Milanovic B., Milankovic D., Hodolic J. Model for analysis of environmental impacts of production processes in flooring industry based on LCA. *Technical Gazette*, 2014, 21(3), 457-466.

11. Moussatche H., Languell J. Flooring Materials: Life-Cycle Costing for Educational Facilities. *Facilities*, 2001, 19(10):333-343. DOI: 10.1108/02632770110399370.

12. Paulsen J. Life Cycle Impact of Floor Coverings: A Model for the Contribution of the Usage Phase. URL: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8501.pdf>

References:

1. Sorokina, L.V., Goyko, A.F., Stetsenko, S.P., Shaposhnikova, I.O., Gavrilyuk, V.Ya. (2021). Statistics in the management of the economy of construction and real estate: textbook. Kyiv: KNUCA. 168 p.

2. Stetsenko, S.P., Sorokina, L.V., Izmailova, K.V. (2019). Financial analysis and economic diagnostics: textbook. Kyiv: KNUCA. 160 p.

3. Siripob, K., Vuttichai, C. (2019). Computing the maximum value engineering for a building construction costs using linear programming applications. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 639:012030. DOI:10.1088/1757-899X/639/1/012030

4. Aboelmagd, Y.M.R. (2018). Linear programming applications in construction sites. *Alexandria Engineering Journal*, Volume 57, Issue 4. P. 4177-4187. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.11.006>.

5. Amar, T.I., Nurcahyo, A., Bagaskara, G.J., & Wijaya, A.S. (2023). Optimization with crashing method and linear programming application on type 36 housing projects. *Astonjadro*. Volume 12, Issue 1, pp. 223-234. DOI:10.32832/astonjadro.v12i1.8436

6. Sorokina, L.V., Goyko, A.F. (2023). Imperfection of scientific and methodological support for investment efficiency assessment. *Ways to Improve Construction Efficiency*. No. 52 (1). P.238-250. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52\(1\).238-250](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.52(1).238-250)

7. Floor coverings. Types and purposes. URL: <https://mydom.ua/ua/blog-ua/napolnye-pokrytija-vidy-i-naznachenija-ua/>

8. Hui, Ooi & Mohammed, Miswan Abdul Hakim. (2015). The Role of Cost Breakdown Structure in Life Cycle Cost Model. *Jurnal Teknologi*. 74. 10.11113/jt.v74.4531.

9. Ingemarsdotter, E. (2022). A guide to life cycle costing. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-costing-in-more-detail/>

10. Vjestica, S., Budak, I., Kljajin, M., Vukelic, D., Milanovic, B., Milankovic, D., Hodolic, J. (2014). Model for analysis of environmental impacts of production processes in flooring industry based on LCA. *Technical Gazette*, 21(3), 457-466.

11. Moussatche, H., Languell, J. (2001). Flooring Materials: Life-Cycle Costing for Educational Facilities. *Facilities*, 19(10):333-343. DOI: 10.1108/02632770110399370.

12. Paulsen, J. Life Cycle Impact of Floor Coverings: A Model for the Contribution of the Usage Phase. URL: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8501.pdf>

Viktoriia TYTOK, Yuliia SYVOLAP

Substitution of the significance of the choice of a design solution and its impact on the total cost of the life cycle of a construction object

The article examines in detail the process of optimizing production solutions related to the arrangement of floor coverings from various materials, including plank flooring, parquet floors, floors made of wooden panels and wooden boards. Particular attention is paid to the economic analysis of the choice of constructive and technological solutions in order to minimize costs and increase the efficiency of using available resources. To determine the optimal option for performing the work, the linear programming method was used, which allows taking into account numerous variables and restrictions.

As part of the study, an objective function was formulated that reflects the maximization of profit from the performance of construction work. In addition, a system of constraints was developed that takes into account the available labor, material and technical resources, as well as the project implementation timeframe. Calculations were carried out using the simplex method, which made it possible to determine the optimal resource allocation plan and minimize costs at each stage of construction work.

According to the results of the study, the best solution is to use chipboard for arranging floor coverings. This option has the highest desirability index, which indicates its superiority over other materials. Chipboard is also a competitive option. Board coverings and fiberboard bases, in turn, have lower desirability indices due to high costs and rapid wear. The results obtained can be used in construction design practice to make economically sound decisions that will contribute to increasing the total life cycle cost of construction projects. This will allow construction companies not only to reduce costs, but also to increase competitiveness in the market, offering customers more effective and cost-effective solutions.

Keywords: life cycle assessment, life cycle of a construction object, construction, energy efficiency, risks, digitalization, cost management, construction cost, flooring, linear programming.