

## Концептуалізм «Green lease» в оцінюванні ефективності заходів енергозбереження підприємств: економіко–математична модифікація

**Предметом дослідження** є теоретико–методологічні основи оцінювання ефективності заходів енергозбереження підприємств на засадах сучасних концептів з використанням економіко–математичного моделювання.

**Метою дослідження** є розробка економіко–математичної моделі оцінювання ефективності заходів енергозбереження за рахунок інформаційно–аналітичної та роз'яснювальної роботи.

**Методи дослідження.** При розробці економіко–математичної моделі інкорпоровано методологію аналізу вартості життєвого циклу будівлі (LCC, Life–Cycle Cost), метод глобальної вартості (Global Cost), синкретизм сучасних концептів «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics», а також системний, логічний підходи що надало можливість забезпечити теоретико–концептуальну єдність представленого дослідження.

**Результати роботи.** У представленому дослідженні розроблено економіко–математичну модель оцінювання ефективності заходів енергозбереження за рахунок інформаційно–аналітичної та роз'яснювальної роботи.

**Галузь застосування результатів.** Будівельна галузь, зокрема девелоперські компанії в процесі упровадження заходів енергозбереження, проведення енергоаудиту та енергетичної сертифікації будівель.

**Висновки.** В дослідженні за результатами проведеного порівняльного аналізу методів оцінювання економічної ефективності енергозберігаючих заходів розроблено економіко–математичну модель на основі базисних економічних критеріїв інформаційно–аналітичної та роз'яснювальної роботи, що базується на інкорпорації концепту «Green Lease» в систему управління енергозбереженням та надає можливість визначити рівень економічної ефективності, а також спрогнозувати оптимальний час для проведення енергозберігаючих заходів на ринку комерційної нерухомості.

**Ключові слова:** енергозбереження, «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics», управління, будівельне підприємство, девелопмент.

КЛИМЧУК М.М.

## Концептуализм «Green lease» в оценке эффективности мер энергосбережения предприятий: экономико–математическая модификация

**Предметом исследования** являются теоретико–методологические основы оценки эффективности мероприятий энергосбережения предприятий на основе современных концептов с использованием экономико–математического моделирования.

**Целью исследования** является разработка экономико–математической модели оценки эффективности мероприятий энергосбережения за счет информационно–аналитической и разъяснительной работы.

**Методы исследования.** При разработке экономико–математической модели инкорпоровано методологію анализа стоимости жизненного цикла здания (LCC, Life–Cycle Cost), метод глобальной стоимости (Global Cost), синкретизм современных концептов «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics», а также системный, логический подходы что позволило обеспечить теоретико–концептуальное единство представленного исследования.

**Результаты работы.** В представленном исследовании разработана экономико–математическая модель оценки эффективности мероприятий энергосбережения за счет информационно–аналитической и разъяснительной работы.

**Область применения результатов.** Строительная отрасль, в частности девелоперские компании в процессе внедрения мероприятий энергосбережения, проведения энергоаудита и энергетической сертификации зданий.

**Выводы.** В исследовании по результатам проведенного сравнительного анализа методов оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий разработана экономико–математическая модель на основе базисных экономических критериев информационно–аналитической и разъяснительной работы, основанной на инкорпорации концепта «Green Lease» в систему управления энергосбережением, что позволяет определить уровень экономической эффективности, а также спрогнозировать оптимальное время для проведения энергосберегающих мероприятий на рынке коммерческой недвижимости.

**Ключевые слова:** энергосбережение, «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics», управление, строительное предприятие, девелопмент.

KLYMCHUK M.M.

## Conceptualism of «Green lease» in assessing the efficiency of energy saving measures of enterprises: economic and mathematical modification

**The subject of the study** is theoretical and methodological basis for assessing the effectiveness of energy saving measures of enterprises on the basis of modern concepts using economic and mathematical modeling.

**The purpose of the study** is to develop an economic and mathematical model for assessing the effectiveness of energy conservation measures through informational and analytical and explanatory work.

**Methods of research.** The development of the economics–mathematical model incorporates the LCC, Life–Cycle Cost (LCC), Global Cost, Syncretism of the current concepts of «Green Lease», «Surveying», «Environmental Economics», as well as systemic, logical approaches that provided an opportunity to provide theoretical and conceptual unity of the presented research.

**Results of the work.** An economic–mathematical model for assessing the effectiveness of energy conservation measures is developed through informational and analytical and explanatory work.

**Application of results.** Construction industry, in particular development companies in the process of implementing energy saving measures, energy audits and energy certification of buildings.

**Conclusions.** In the study, based on the results of the comparative analysis of the methods for assessing the economic efficiency of energy saving measures, an economic–mathematical model was developed based on the basic economic criteria of information–analytical and explanatory work, based on the incorporation of the concept of «Green Lease» into a system for managing energy saving and provides an opportunity to determine the level economic efficiency, as well as predict the optimal time for energy saving measures in the commercial real estate market.

**Key words:** energy saving, «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics», management, construction company, development.

**Постановка проблеми.** Сучасні тренди розвитку будівельних підприємств як пріоритет визначають впровадження заходів енергозбереження, зокрема і на ринку комерційної нерухомості шляхом ефективного девелоперського управління на засадах сучасних концептів. Інкорпорація енергоефективних інновацій надасть можливість підприємству зменшити енергозалежність, енергоємність продукції та сприяти зростанню конкурентоспроможності, прибутковості. На державному рівні теж

проводиться підтримка реалізації заходів енергозбереження, наприклад прийнятий ЗУ «Про енергетичну сертифікацію будівель» [9].

**Аналіз досліджень та публікацій з проблеми.** Теоретичні та прикладні аспекти розроблення економіко–математичних моделей представлені у працях низки вчених: А. С. Дудолад [1], М. З. Згуровський [2], О. Є. Кузьміна [4], П. М. Кулікова [5–6], Ю. П. Панібратова [8] та ін. Залишається малодослідженим комплекс питань щодо

розробки економіко–математичної моделі оцінювання результатів впровадження енергоефективних заходів на будівельних підприємствах з врахуванням сучасних концептів «Green lease», «Surveying», «Environmental Economics» їх характеристика представлена в наших працях [3; 6].

**Метою статті** є розробка економіко–математичної моделі оцінювання ефективності заходів енергозбереження за рахунок інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи.

**Виклад основного матеріалу.** Порівняльний аналіз методів оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів виявив, що найбільш оптимальною, що враховує специфіку комерційної нерухомості є методологія аналізу вартості життєвого циклу будівлі (LCC, Life–Cycle Cost) [10] та її модифікація – метод глобальної вартості (Global Cost) [8].

Представимо цільову аудиторію потенційних стейкхолдерів щодо реалізації енергозберігаючих заходів на засадах «Green Lease». Визначимо за змінну  $v(t)$  загальний обсяг цільової аудиторії в певний проміжок часу  $t$ . Початок розгляду часового інтервалу  $t_0$  збігається з початком інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи серед усіх стейкхолдерів щодо впровадження основних концептуальних засад «Green Lease», така пропозиція приводить до початкових умов задачі:

$$v(t_0) = v_0 \quad (1)$$

Розглянемо певний інтервал часу  $\Delta t$  от  $t$  до  $t + \Delta t$ . З часом, деяка частина потенційних клієнтів перейде в сегмент реальних стейкхолдерів, що призведе до зменшення цільової аудиторії. Наприклад, на ринку комерційної нерухомості проведення інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи серед девелоперських компаній, а також орендарів та орендодавців щодо впровадження основних концептуальних засад «Green Lease», проведення енергетичного аудиту та сертифікації за стандартами: LEED, BREEM, DGNB. Зменшення з часом кількості потенційних стейкхолдерів можна представити математичним співвідношенням:

$$\Delta v(t, \Delta t) = v(t) - v(t + \Delta t), \quad (2)$$

Вплив інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи на цільову аудиторію та рівень її ефективності визначається трьома чинниками:  $C$  – вартість проведення LEED – сертифікації;  $S$  – сумарні витрати на проведення інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи;  $F(t,$

$S)$  – функція для оцінювання ефективності впливу інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи на цільову аудиторію. Визначимо вплив чинників на ефективність інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи наступним математичним співвідношенням:

$$\Delta v(t) \sim F(t, S), \quad (3)$$

Підсумовуючи вищевикладене, отримуємо співвідношення, що визначає вплив всіх ідентифікованих чинників на цільову аудиторію:

$$\Delta v(t) \sim v(t) \times F(t, S) \times \Delta t, \quad (4)$$

де,  $t$  – це час,  $C$  – вартість проведення LEED – сертифікації,  $S$  – сумарні витрати на проведення інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи. Вважаючи, що в будь–який момент інтервала  $v(t)$ 1, саму функцію  $v(t)$  безперервною і диференціальною і спрямовуючи  $\Delta t$  до 0, перейдемо до диференційної форми запису співвідношення [1]:

$$dv(t) = v(1+dt) - v(t), \text{ при } dt \rightarrow 0$$

$$\text{або } -dv(t) = v(t) - v(t+dt), \quad (5)$$

Далі вираз (6) запишемо у вигляді рівняння:

$$-dv(t) = B \times v(t) \times F(t, S) \times dt, \quad (6)$$

$$\text{або, } dv(t) = -B \times v(t) \times F(t, S) \times dt, \quad (7)$$

У цьому рівнянні  $B$  – постійна величина відмінна від нуля,  $v(t)$  – цільова аудиторія. Проведемо подальші алгебраїчні перетворення, які мають привести вищенаведене рівняння до зручної для аналізу форми – поділимо ліву і праву частини рівняння на величину  $v(t) \times dt$ , при цьому враховується відмінність величини  $v(t)$  від нуля на всьому інтервалі часу  $t$ . Тепер рівняння матиме вигляд:

$$\frac{1}{v(t)} \times \frac{dv(t)}{dt} = -B \times F(t, S), \quad (8)$$

Представлено звичайне диференціальне рівняння відносно змінної  $t$ . Величини  $C$  (вартість проведення LEED – сертифікації) і  $S$  (сумарні витрати на проведення інформаційно–аналітичної та роз’яснювальної роботи) входять до цього рівняння як параметри. Проведемо подальші перетворення, враховуючи що:

$$\frac{d}{dx} \ln(f(x)) = \frac{1}{f(x)} \times \frac{df(x)}{dx}, \quad (9)$$

Тоді ліва частина диференціального рівняння запишемо наступним чином:

$$\frac{1}{v(t)} \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d \ln[v(t)]}{dt} \quad (10)$$

Звідси остаточний варіант рівняння:

$$\frac{d \ln[v(t)]}{dt} = -B \times F(t, S) \quad (11)$$

Або тотожність:

$$d \ln[v(t)] = -B \times F(t, S) \times dt, \quad (12)$$

Проінтегруємо обидві частини від  $t_0$  до  $t$ , (де  $t_0$  – інформаційно-аналітичної та роз'яснювальної роботи):

$$\int_{t_0}^t d \ln[v(t')] = \int_{t_0}^t -B \times F(t', S) \times dt', \quad (13)$$

Права частина інтегрального рівняння від часу залежить тільки функція  $F[t, S]$ ; константу  $B$  відповідно до правил винесемо за знак інтеграла.

$$\ln[v(t)] - \ln[v(t_0)] = -B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt', \quad (14)$$

Враховуючи, що  $\ln a - \ln b = \ln \frac{a}{b}$  та  $v(t_0) = v_0$  (початкова умова задачі), запишемо:

$$\ln \frac{v(t)}{v_0} = -B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt', \quad (15)$$

$$\exp\left(\ln \frac{v(t)}{v_0}\right) = \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right), \quad (16)$$

Інкорпоруємо властивість натурального логарифма  $e^{\ln a} = a$ , отримуємо вираз для числа потенційних клієнтів (орендарів, орендодавців):

$$\frac{v(t)}{v_0} = \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right), \quad (17)$$

Перемножимо обидві частини виразу на  $v_0$ :

$$v(t) = v_0 \times \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right), \quad (18)$$

Для якісного аналізу отриманої залежності розглянемо функцію  $y(x) = \exp(-a \times x)$  (19)

Доцільно звернути увагу, що зі зростанням параметру  $a$  відбувається більш різкий спад значення функції. Адже, функція  $v(t)$  – спадає на всій області визначення, що означає постійне зменшення кількісного складу цільової аудиторії, так як відбувається перехід потенційних клієнтів в розряд користувачів нашою пропозицією. Число реальних клієнтів у цьому випадку з моменту  $t_0$  до  $t$  визначається за формулою:

$$M = v(t_0) - v(t) \quad (20)$$

Відповідно до визначених раніше умов поставленої задачі  $v(t_0) = v_0$ , отримуємо:

$$M = v_0 - v(t) = v_0 - v_0 \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right), \quad (21)$$

Винесемо  $v_0$  за дужку, тоді вираз отримає вигляд:

$$M = v(t_0) - v(t) = v_0 \left[1 - \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right)\right], \quad (22)$$

Відношення кількості реальних до початкової кількості потенційних виражається наступним чином:

$$\mu = \frac{v(t_0) - v(t)}{v_0} = 1 - \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right), \quad (23)$$

Вплив параметричних величин на темпи зростання функції  $\mu(t, t_0)$  легко проаналізувати, якщо розглянути її спрощену форму:

$$-f(x) = 1 - \exp(-a \times x), \quad (24)$$

Відповідно до функції  $f(x)$  простежується суттєвий вплив параметра  $a$  на темпи зростання самої функції. Значення цієї функції асимптотично наближається до 1, що показує неможливість досягнення кількості реальних клієнтів більше, ніж початкова кількість потенційних клієнтів. Отже, якщо економічна ефективність впроваджених заходів енергозбереження за рахунок інформаційно-аналітичної та роз'яснювальної роботи виразити як співвідношення доходів до витрат, тоді отримаємо наступний вираз:

$$E(t) = \frac{V(t)}{S(t)}, \quad (25)$$

$$V(t) = M(t)c = v_0 \left[1 - \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right)\right] \times C, \quad (26)$$

Отже, можна навести формулу розрахунку економічної ефективності впроваджених заходів енергозбереження за рахунок інформаційно-аналітичної та роз'яснювальної роботи:

$$E(t) = \frac{V(t)}{S(t)} = \frac{M(t) \times C}{S(t)} = \frac{v_0 \left[1 - \exp\left(-B \times \int_{t_0}^t F(t', S) \times dt'\right)\right] \times C}{S(t)}, \quad (27)$$

## Висновки

Проведені дослідження надали змогу розробити економіко-математичну модель на основі базисних економічних критеріїв інформаційно-аналітичної та роз'яснювальної роботи, що базується на інкорпорації концепту «Green Lease» в систему управління енергозбереженням та надає можливість визначити рівень економічної ефективності, а також спрогнозувати оптимальний час для проведення енергозберігаючих заходів на ринку комерційної нерухомості.

## Список використаних джерел

1. Дудолад А. С. Моделирование экономической оценки влияния энергосбережения на качество жизни населения / А. С. Дудолад, Ю. Д. Костин // Энергосбережение – Энергетика – Энергоаудит. – 2006. – № 9. – С. 42 – 51.
2. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005–2007/2008



годы) / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. – К. : НТТУ «КПИ», 2008. – 140 с.

3. Климчук М. М. Економіко–організаційні засади управління енергозбереженням на будівельних підприємствах : моногр. / М. М. Климчук. – Івано–Франківськ, вид–во «Фоліант», 2017. – 372 с.

4. Кузьмін О. Є. Економічне оцінювання організаційних структур управління корпораціями / О. Є. Кузьмін, Л. С. Нождак, О. В. Мукан // Менеджер. – 2007. – № 1 (39). – С. 186–195.

5. Куліков П. М. Економіко–математичне моделювання фінансового стану підприємства : [навчальний посібник] / П. М. Куліков, Г. А. Іващенко. – Х. : ВД «ІЖЕК», 2009. – 152 с.

6. Куліков П. М. Управління енергозбереженням на будівельних підприємствах: теорія, методологія, практика : Монографія / П. М. Куліков, М. М. Климчук. – Івано–Франківськ, вид–во «Фоліант», 2017. – 365 с. – Бібліогр.: С. 327–366.

7. Лисицин А. Б. Математическая модель выбора стратеги управления девелоперскими проектами в условиях кризиса / А. Б. Лисицин, Ю. Н. Тесля // Вісник ЧДТУ. – 2008. – №3. – С. 12–17.

8. Панибратов Ю. П. Экономическая оценка результатов энергосберегающих мероприятий в строительстве / Ю. П. Панибратов, Е. В. Секо, А. А. Балберов // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2012. – № 2. – С. 124–128.

9. Про енергетичну ефективність будівель Верховна Рада України; Закон від 22.06.2017 № 2118–VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>

10. Самарский А. А. Математическое моделирование / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М. : Наука; Физматлит, 1997.

## References

1. Dudolad A. S. Modelyrovanye ekonomycheskoj ocenky vlyaniya energosberezheniya na kachestvo zhyzny na–seleniya / A. S. Dudolad, Ju. D. Kostyn // Energosberezhenye–Energetyka–Energoaudyt. – 2006. – № 9. – С. 42 – 51.

2. Zgurovskij M. Z. Global'noe modelyrovanye processov ustojchivogo razvytiya v kontekste kachestva y bezopasnosti zhyzny ljudej (2005–2007/2008 gody) / M. Z. Zgurovskij, A. D. Gvysnyany. – К. : НТТУ «КРП», 2008. – 140 с.

3. Klymchuk M. M. Ekonomiko–organizacijni zasady upravlinnja energozberezhenjam na budivel'nyh pidpryjemstvah : monogr. / M. M. Klymchuk. – Івано–Франківськ, vyd–vo «Foliant», 2017. – 372 s.

4. Kuz'min O. Je. Ekonomichne ocinjuvannja organizacijnyh struktur upravlinnja korporacijamy / O. Je. Kuz'min, L. S. Nozhdak, O. V. Mukan // Menedzher. – 2007. – № 1 (39). – С. 186–195.

5. Kulikov P. M. Ekonomiko–matematyчне modeljuvannja finansovogo stanu pidpryjemstva : [navchal'nyj posibnyk] / P. M. Kulikov, G. A. Ivashhenko. – Н. : VD «ІЖЕК», 2009. – 152 с.

6. Kulikov P. M. Upravlinnja energozberezhenjam na budivel'nyh pidpryjemstvah: teorija, metodologija, praktyka : Monografija / P. M. Kulikov, M. M. Klymchuk. – Івано–Франківськ, vyd–vo «Foliant», 2017. – 365 s. – Bibliogr.: С. 327–366.

7. Lysycyn A. B. Matematycheskaja model' vybora strategij upravlenija developerskymy proektamy v uslovijah kryzysa / A. B. Lysycyn, Ju. N. Teslja // Visnyk ChDTU. – 2008. – №3. – С. 12–17.

8. Panybratov Ju. P. Ekonomycheskaja ocenka rezul'tatov energosberegajushhyh meropryjatij v stroytel'stve / Ju. P. Panybratov, E. V. Seko, A. A. Balberov // ACADEMIA. Arhytektura y stroytel'stvo. 2012. – № 2. – С. 124–128.

9. Pro energetychnu efektyvnist' budivel' Verhovna Rada Ukraїny; Zakon vid 22.06.2017 № 2118–VIII [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu:<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>

10. Samarskij A. A. Matematycheskoe modelyrovanye / A. A. Samarskij, A. P. Myhajlov. – М. : Nauka; Fyzmatlyt, 1997.

## Дані про автора

**Климчук Марина Миколаївна,**

докторант кафедри економічної теорії, Київський національний університет будівництва і архітектури, к.е.н., доцент

просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03680, Україна  
e–mail: klimarinchuk@gmail.com

## Данные об авторе

**Климчук Марина Николаевна,**

докторант кафедры экономической теории, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, к.э.н., доцент

просп. Воздухофлотский, 31, г. Киев, 03680, Украина  
e–mail: klimarinchuk@gmail.com

## Data about the author

**Maryna Klymchuk,**

doctoral candidate of the Department of Economic Theory, Kyiv National University, Construction and Architecture, Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor

avenue Povitroflotsky, 31, Kyiv, 03680, Ukraine  
e–mail: klimarinchuk@gmail.com