

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2024-4\(40\)-111-118](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2024-4(40)-111-118)

УДК 621.311:005

JEL Classification: Q47

Микола Миколайович Корзаченко

кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: korzachenko_87@stu.cn.ua. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5674-8662>

ResearcherID: F-5177-2016

ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ LEAN-CONSTRUCTION В ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТІ

У статті на прикладі аудиту та робіт із термомодернізації лікарні м. Чернігова розглянуто впровадження концепції Lean-Construction. Lean-Construction є ефективним інструментом для впровадження ощадливих та енергоефективних рішень у будівництві та реконструкції. Наведено основні принципи ощадливого будівництва та застосування в енергоменеджменті. У порівнянні з сучасними технологіями енергоменеджменту запропонований підхід дозволяє досягати значного скорочення витрат, підвищення продуктивності та екологічної стійкості. Для досліджуваного об'єкта надано процедури з експлуатації та обслуговуванню. Розроблено етапи налаштування системи диспетчеризації по об'єкту.

Ключові слова: Lean-Construction; енергоменеджмент; аудит; будівельні проекти; ощадливе будівництво; цінність для клієнта; управління ресурсами; BIM; IoT; модернізація.

Рис.: 2. Бібл.: 11.

Постановка проблеми. Енергоспоживання становить значну частку витрат у промисловості, транспорті, житлово-комунальному секторі. Ефективне використання енергії сприяє зниженню витрат та допомагає зменшити залежність від обмежених природних ресурсів. Збільшення доступності енергії підтримує економічний ріст, створення нових технологій і робочих місць.

В Україні енергоефективність житлово-комунальних об'єктів нижче нормативних вимог і енергоспоживання аналогічних об'єктах в країнах Європи у 2-3 рази. Проектування та будівництво енергоощадних будівель є одним із найважливіших питань сучасного світу. Ефективне застосування енергоресурсів за рахунок використання інноваційних рішень є ключем до вирішення цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У монографії [1] проведено аналіз стану забудови та підходи щодо побудови інформаційно-вимірювальних систем моніторингу енергоефективності.

Питання енергетичного менеджменту розглянуті в [2].

Різниця між традиційною бізнес-моделлю та бізнес-моделлю lean – підходу наведена в [3].

Питаннями Lean-Construction в енергоменеджменті займалися дослідники, практики та інженери з різних галузей, які об'єднували принципи Lean-Construction та енергоменеджменту для оптимізації процесів у будівництві та управлінні енергетичними ресурсами, зокрема: Glenn Ballard, Gregory Howell, Luis Alarcon, Rafael Sacks, Олена Бутенко, Галина Рижаківа, Малихін Михайло тощо.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Не зважаючи на значну кількість законодавчих актів, нормативних документів та постанов [4; 5; 6], щодо питань енергозбереження, комплексного підходу щодо термомодернізації старих об'єктів не розроблено. Більшість будівель просто утеплюють ззовні, залишаючи поза увагою такі місця, як цоколь, горище, вхідні двері, вікна, система опалення та вентиляції тощо.

Мета статті. Розробити системний підхід до вирішення проблеми термомодернізації об'єктів і надати пропозиції щодо застосування сучасної управлінської концепції lean-construction.

Виклад основного матеріалу. Lean-Construction (ощадне будівництво) – це управлінська концепція, яка зосереджена на підвищенні ефективності будівельних процесів, мінімізації втрат та максимізації цінності для клієнта. Вона була започаткована у Сполучених Штатах Америки в 1990-х роках. Її розробка значною мірою спиралася на принципи Lean Manufacturing (ощадливого виробництва), які вперше були описані в рамках виробничої системи компанії Toyota. Вперше ідеї Lean Construction були систематизовані та розвинуті завдяки діяльності Lean Construction Institute, яке було засноване у 1997 році Грегорі Говеллом (Gregory Howell) та Гленом Баллардом (Glenn Ballard). Це дослідницька й освітня організація, яка популяризує ощадливі методи роботи в будівельній галузі.

У сфері енергоменеджменту ця концепція стає дедалі популярнішою завдяки своєму потенціалу для оптимізації енергоспоживання, скорочення витрат і забезпечення екологічної стійкості.

Процес оптимізації під час модернізації будівель повинен полягати в пошуку «слабких місць», а пізніше вже впровадження відповідних технологій відповідно до потреб.

Основні принципи Lean-Construction та їх застосування в енергоменеджменті [3]:

1. Мінімізація втрат.

У Lean-Construction виділяють сім типів втрат (перевиробництво, очікування, зайві процеси, дефекти тощо). В енергоменеджменті це може стосуватися:

- надмірного енергоспоживання через неправильне проєктування або експлуатацію обладнання;

- втрат енергії через неефективну теплоізоляцію або застарілі системи опалення;

- надлишкового використання електроенергії через нераціональне освітлення.

2. Безперервне вдосконалення.

Постійний аналіз і вдосконалення процесів управління енергоресурсами. Використання сучасних технологій моніторингу та контролю споживання енергії (наприклад, «розумні» лічильники). Регулярний енергетичний аудит для виявлення зон покращення.

3. Залучення учасників процесу.

Активна участь всіх зацікавлених сторін (інженерів, підрядників, замовників, працівників) у розробці та впровадженні енергетично ефективних рішень. Проведення навчання персоналу щодо ощадного використання енергоресурсів.

4. Організація потоків.

Забезпечення безперервності енергетичних процесів, уникнення простоїв та перевантажень. Оптимізація розподілу енергії в будівельних проєктах, що включає адаптивне управління ресурсами залежно від потреб.

5. Інтеграція інформаційних технологій.

Використання BIM (Building Information Modeling) для прогнозування та управління енергоспоживанням на всіх етапах будівництва. Впровадження IoT (Internet of Things) для збору даних про споживання енергії в реальному часі.

6. Фокус на цінності для клієнта.

Енергетично ефективні рішення [7; 8] не лише скорочують витрати, але й підвищують комфорт і екологічну стійкість об'єкта. Створення «зелених» будівель відповідно до сертифікатів енергоефективності (LEED [9], BREEAM [10]) забезпечує економічні, екологічні та соціальні вигоди, сприяючи раціональному використанню ресурсів.

Як приклад можна привести проведені роботи з енергоаудиту чотирьох поверхової будівлі лікарні в м. Чернігів, що зведена в 1968 році. Будівля з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині, стіна завтовшки 510 мм не утеплена, має старі дерев'яні вікна, двері та зношені комунікації. Вентиляція природна, без механічного примусу. Горище та підвал не опалюються. Для оцінки поточного енергоспоживання об'єкта, виявлення неефективностей і розробку рекомендацій для їх усунення було проведено енергоаудит. Процес проведення аудиту включав шість основних етапів, як показано на рис. 1.

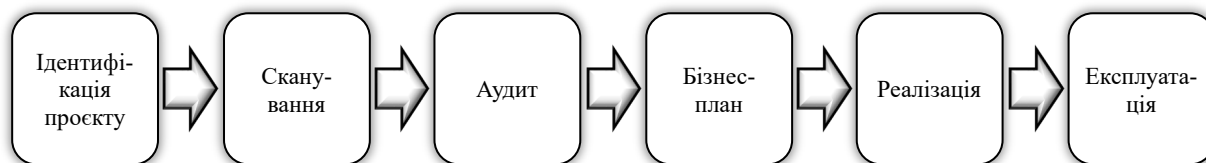


Рис. 1. Етапи впровадження енергоаудиту лікарні

Джерело: розроблено автором.

Значення коефіцієнтів опору теплопередачі для стін, цоколю, перекриття, вікон, дверей не відповідають нормативним значенням. Всі трубопроводи теплової мережі, прокладені в межах підвалу, без теплоізоляції. Існуюча загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція не працює та перебуває в неробочому стані (частково розібрані конструкції).

Перелік заходів розроблених на основі аудиту: утеплення стін та цоколю, утеплення покриття та перекриття, заміна вікон та дверей на енергоефективні з встановленням довідників на двері, балансування системи опалення, промивка системи опалення, реконструкція системи опалення з встановлення екранів за приладами опалення, улаштування індивідуального теплового пункту, реконструкція системи вентиляції, модернізація системи освітлення.

Розподіл витрат на термомодернізацію об'єкта представлено на рис. 2.



Рис. 2. Розподіл витрат

Джерело: діаграма побудована на основі досліджень, які проведені під час виконання енергоаудиту лікарні [11].

Усі елементи будівлі потребують правильної експлуатації та обслуговування для забезпечення їх нормального функціонування і тривалого строку експлуатації. Для будівель повинно бути розроблено опис конкретних процедур по експлуатації та її обслуговуванню.

Для досліджуваного об'єкта можна виділити такі процедури:

1. Візуальний контроль за цілісністю конструкції утеплювача та оздоблювальних матеріалів. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходів щодо їх швидкого усунення.

2. Чистка водостоків. Підтримання порядку на ділянці.

3. Візуальний контроль за цілісністю конструкції утеплювача та гідроізоляційного килима. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходів по їх якомога скорішому усуненню.

4. Візуальний контроль за цілісністю та герметичністю конструкції вікон та дверей, стану ущільнюючих матеріалів, працездатність системи автоматичного доведення дверей. У разі виявлення пошкоджень необхідно вжити заходів щодо їх швидкого усунення.

5. Контроль за освітлюваними пристроями.

6. Контроль за експлуатацією системи опалення.

7. Контроль за експлуатацією системи вентиляції.

Своєчасне виявлення та усунення недоліків та пошкоджень, своєчасне та якісне обслуговування обладнання та матеріалів, дозволять забезпечити протягом усього часу експлуатації розрахункову економію та скоротити витрати, які могли б виникнути при виконанні непередбачених ремонтних робіт.

Висновки і пропозиції. Lean-Construction є ефективним інструментом для впровадження ощадливих та енергоефективних рішень у будівництві та реконструкції. У поєднанні з сучасними технологіями енергоменеджменту цей підхід дозволяє досягати значного скорочення витрат, підвищення продуктивності та екологічної стійкості.

Переваги впровадження Lean-Construction в енергоменеджменті:

1. Зниження енергоспоживання завдяки раціоналізації процесів і оптимальному використанню ресурсів.

2. Скорочення витрат. Виявлення та усунення енергетичних втрат знижує фінансові витрати на експлуатацію.

3. Екологічна стійкість. Менше споживання енергії означає зниження викидів CO₂ і впливу на довкілля.

4. Покращення якості обслуговування. Ефективне управління енергоресурсами створює комфортні умови для відвідувачів та персоналу, забезпечуючи оптимальний температурний режим та якість повітря в будівлях.

5. Підвищення якості. Стабільний контроль за енергетичними показниками забезпечує високий рівень функціонування об'єкта.

Для існуючих об'єктів, зокрема лікарні в м. Чернігів необхідно передбачати систему диспетчеризації:

- забезпечення оперативного контролю параметрів, стану обладнання, режимів роботи та управління на об'єкті;

- зниження витрат на експлуатацію об'єкта;

- забезпечення управлінського персоналу своєчасною та достовірною інформацією для аналізу та прийняття рішення;

- зниження витрат праці на зняття та обробку показів вимірювальних приладів, підвищення достовірності інформації;

- підвищення рівня безпеки праці;
- діагностика стану та режимів роботи обладнання з наступною сигналізацією;
- своєчасне визначення та ліквідація відхилень технологічних параметрів від заданих режимів;
- ведення архіву значень параметрів, формування звітів за необхідний інтервал часу (змiна, доба, місяць, рік).

Етапи облаштування системи диспетчеризації по об'єкту можуть бути такі:

1. Встановлення нових лічильників з комплектацією інтерфейсом передачі даних.
2. Встановлення контролера для збору даних теплової мережі та управлінням опаленням.
3. Улаштування ліній з'єднання між контролером та наявним лічильником.
4. Встановлення GPRS-модему для передачі даних по мобільному каналу зв'язку.
5. Інтеграція у загальноміську систему SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Список використаних джерел

1. Моніторинг енергоефективності малоповерхових будівель: монографія / О. І. Терещук, Є. Ю. Сахно, Д. В. Маргасов, М. М. Корзаченко. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – 356 с.
2. Ігнат'єва І. А. Управління стратегічним потенціалом у контексті забезпечення енергетичними ресурсами / Ірина Ігнат'єва, Юрій Сербенівський // Empirio. – 2024. – Т. 1, № 1. – С. 73-81.
3. Бутенко О. П. Використання концепції Lean-Construction в управлінні будівельними підприємствами / О. П. Бутенко, А. О. Єрмакова, Ю. С. Бондаренко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2016. – №55. – С. 85-91.
4. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#>.
5. Про енергетичну ефективність [Електронний ресурс]. Закон України від 15 листопада 2024 № 1818-ІХ. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>.
6. Про впровадження систем енергетичного менеджменту [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 р. № 1460. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-%D0%BF#Text>.
7. Impact of different LEED versions for green building certification and energy efficiency rating system: A Multifamily Midrise case study / A. Rastogi, J. K. Choi, T. Hong, M. Lee // Applied Energy. - 2017. - Vol. 205. - Pp. 732–740. doi:10.1016/j.apenergy.2017.08.149.
8. Reeder Linda. Guide to green building rating systems : understanding LEED, Green Globes, Energy Star, the National Green Building Standard, and more. – Hoboken, N. J. : Wiley, 2010. Print.
9. United States Green Building Council (USGBC), «LEED Green Building Rating System» Washington, D.C., 1999.

10. BREEAM UK New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual: Version: SD5076 Issue: 0.1(DRAFT) IssueDate:11/02/2014.

11. Шеремет Ю. В. Реконструкція лікувального корпусу медичного центру в м. Чернігові із застосуванням енергозберігаючих технологій та організації безбар'єрного архітектурного середовища (комплексний) : магістерська робота : 192 Будівництво та цивільна інженерія [Електронний ресурс] / Ю. В. Шеремет, Ю. М. Корнієць, Н. Л. Корнієнко ; керівник роботи Корзаченко М. М., Руденко М. М. – Чернігів : Національний університет «Чернігівська політехніка», 2020. – 263 с. – Режим доступу: <http://ir.stu.cn.ua/123456789/21683>

References

1. Tereshchuk, O.I., Sakhno, Ye.Iu., Marhasov, D.V., Korzachenko, M.M. (2018). *Monitorynh enerhoefektyvnosti malopoverkhovykh budivel [Energy efficiency monitoring of low-rise buildings]*. CNTU.

2. Ihnatieva, I., Serbenivskiy, Yu. (2024). Upravlinnia stratehichnym potentsialom u konteksti zabezpechennia enerhetychnymy resursamy [Management of strategic potential in the context of providing energy resources]. *Empirio*, 1(1), 73-81.

3. Butenko, O. P., Yermakova, A. O., Bondarenko, Yu. S. (2016). Vykorystannia kontseptsii Lean-Construction v upravlinnia budivelnymy pidpriemstvamy [Using the concept of Lean-Construction in the management of construction enterprises]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – Herald of the economy of transport and industry*, (55), 85-91.

4. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2050 roku [On the approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2050], Order № 373-p (April 21, 2023). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#>.

5. Pro enerhetychnu efektyvnist [About energy efficiency], Law № 1818-IX (November 15, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>.

6. Pro vprovadzhennia system enerhetychnoho menedzhmentu [About the introduction of energy management systems], Decree № 1460 (December 23, 2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-%D0%BF#Text>.

7. Rastogi, A., Choi, J.K., Hong, T., & Lee, M. (2017). Impact of different LEED versions for green building certification and energy efficiency rating system: A Multifamily Midrise case study. *Applied Energy*, 205, 732–740.

8. Reeder, Linda (2010). *Guide to green building rating systems: understanding LEED, Green Globes, Energy Star, the National Green Building Standard, and more*. Hoboken, N. J.: Wiley, Print. doi.org/10.1002/9781118259894.

9. United States Green Building Council (USGBC), “LEED Green Building Rating System” (1999). Washington, D.C.

10. BREEAM UK New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual: Version: SD5076 Issue: 0.1(DRAFT) IssueDate:11/02/2014.

11. Sheremet, Yu.V., Korniiets, Yu.M., Korniienko, N.L. (2020). *Rekonstruktsiia likuvalnoho korpusu medychnoho tsentru v m. Chernihovi iz zastosuvanniam enerhozberihaiuchykh tekhnolohii ta orhanizatsii bezbariernoho arkhitekturnoho seredovyshcha (kompleksnyi) [Reconstruction of the medical building of the medical center in Chernihiv using energy-saving technologies and organization of a barrier-free architectural environment (complex)]*. Natsionalnyi universytet «Chernihivska politekhnikha». <http://ir.stu.cn.ua/123456789/21683>

Отримано 28.11.2024

UDC 621.311:005

Mykola Korzachenko

PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Welding Technologies and Construction Department at Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: korzachenko_87@stu.cn.ua. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5674-8662>**ResearcherID:** [F-5177-2016](https://orcid.org/0000-0002-5674-8662)

APPLICATION OF THE LEAN-CONSTRUCTION CONCEPT IN ENERGY MANAGEMENT

Energy consumption constitutes a significant share of costs in industry, transportation, buildings, and households. Efficient energy use contributes to cost reduction. Increasing energy availability supports economic growth, the creation of new technologies, and job opportunities. Efficient energy utilization helps reduce dependence on limited natural resources. The design and construction of energy-efficient buildings are among the most critical issues in the modern world. The effective application of energy resources through innovative solutions is key to addressing this challenge.

In Ukraine, a comprehensive approach to the thermal modernization of old facilities has not been developed. Most buildings are simply insulated externally, neglecting areas such as the basement, attic, entrance doors, windows, heating, and ventilation systems, among others.

This article examines the implementation of the Lean-Construction concept through the example of an energy audit and thermal modernization works at a hospital in Chernihiv. Lean-Construction is an effective tool for introducing cost-efficient and energy-efficient solutions in construction and reconstruction. The optimization process during building modernization should focus on identifying «weak points» and subsequently implementing appropriate technologies according to specific needs. The work outlines the main principles of lean construction and their application in energy management. Combined with modern energy management technologies, the proposed approach enables significant cost reductions, increased productivity, and environmental sustainability.

For the studied facility, procedures for operation and maintenance have been provided. These involve monitoring the integrity of insulation and finishing materials, cleaning systems, ensuring the integrity and airtightness of window and door structures, maintaining sealing materials, ensuring the functionality of automatic door-closing systems, and controlling lighting devices, heating systems, and ventilation systems. Stages for equipping a dispatching system for the facility have also been developed.

Keywords: *Lean-Construction; energy management; audit; construction projects; lean construction; customer value; resource management; BIM, IoT; modernization.*

Fig.: 2. References: 11.