



- [4] Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М.: Радио и связь, 1991. – 150 с.
- [5] Бусурин, В.И., Носов, Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
- [6] Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
- [7] Снайдер, А., Лав, Д. Теория оптических волноводов. – М.: Радио и связь, 1987. – 656 с.
- [8] Черненко, В.Д. Оптомеханика волоконных световодов. – СПб: Политехника, 2010. – 291 с.
- [9] Сандлер, А.К. Інформаційно-вимірювальні пристрої на основі волоконно-оптичних технологій. – Одеса: Издатинформ НУ "ОМА", 2018. – 165 с.

References

- [1] Dobrovolsky, V.V., Solodovnikov, V.G. (2013). Energeticheskaya effektivnost' toplivnykh sistem sovremennykh transportnykh sudov rabotayushchikh na vysokovyazkikh sortakh tyazhelykh topliv vyazkost'yu 380 mm²/s i vyshe - Energy efficiency of the fuel systems of modern transport vessels operating on high-viscosity grades of heavy fuels with a viscosity of 380 mm²/s and higher. // Sudovyie energeticheskiye ustanovki - Marine power plants. [in Ukraine].
- [2] Koshelev, A.P. Pimoshenko, G.A. Popov, V.Ya. Tarasov. (1987). Spravochnik sudovogo mekhanika po teplotekhnike. [Handbook of ship mechanics in the heat-technical industry]. Leningrad: Sudostroyeniye [in Russian].
- [3] Profos P. (1990). Izmereniya v promyshlennosti. [Measurements in the industry]. Moscow: Metallurgy [in Russian].
- [4] Gulyaev, Yu.V., Mesh, M.Ya., Proklov, V.V. (1991). Modulyatsionnyye efekty v volokonnykh svetovodakh i ikh primeneniye. [Modulation effects in optical fibers and their application]. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
- [5] Busurin, V.I., Nosov, YU.R. (1990). Volokonno-opticheskiye datchiki. Fizicheskiye osnovy, voprosy rascheta i primeneniya. [Fiber optic sensors. Physical basis, questions of calculation and application]. Moscow: Energoatomizdat [in Russian].
- [6] Udd, E. (2008). Volokonno-opticheskiye datchiki. [Fiber Optic Sensors]. Moscow: Tekhnosfera [in Russian].
- [7] Snider, A., Love, J.D. (1987.) Teoria opticheskikh volnovodov. [Theory of optical wave guides]. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
- [8] Chernenko, V.D. (2010). Optomekhanika volokonnykh svetovodov. [Optomechanics of optical fibers]. St. Petersburg: Polytechnic [in Russian].
- [9] Sandler, A.K. (2018). Informatsiyno-vymiryuval'ni prystroyi na osnovi volokonno-optychnykh tekhnolohiy. [Information-measuring devices based on fiber-optic technologies]. Odessa: Izdatinform NU "OMA" [in Ukraine].

УДК 681.58

ВПЛИВ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ НА ЗАГАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Степанець О. В.¹, Захарченко А. С.²

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-4444-0705>, ² <https://orcid.org/0000-0001-5767-3028>

E-mail: ¹ o.stepanets@kpi.ua, ² zakharchenko.nastia.s@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i2.1804>

Анотація. В статті розглядається питання енергоефективності в контексті сучасної будівлі, беручи до уваги як і економічні показники, так і екологічні характеристики та особистий комфорт користувачів. Зазначено



актуальність вказаного напрямку в Україні, структуру енергоспоживання та потенціал в сфері енергоефективності з огляду на вже існуючі результати. Переглянуто нормативні документи та нормативно-правові акти, включно з Законом України «Про енергетичну ефективність будівель», що визначають вимоги до будинків, процедури сертифікації, енергетичного аудиту та фіксують пріоритетні напрямки розвитку держави. Вказується принцип визначення доцільного рівня енергоефективності та його залежності від низки технічних, соціальних та економічних параметрів, де перевага надається впровадженню комплексних енергозберігаючих рішень з необхідністю забезпечення рівномірного впливу на характеристики будівлі та її інженерні системи для досягнення найвищого результату. У статті розглянуто особливості систем автоматизації сучасних будівель, пов'язані з їх розподілом на класи енергоефективності та відповідних наборів характеристик та функцій, що мають бути реалізованими. Також описано методи оцінки впливу системи на енергоефективність будівлі та орієнтовні очікувані економічні вигоди для кожного з визначених класів. Переглянуто параметри та явища, що можуть спотворювати ці результати. Аналіз будівлі дозволяє визначити оптимальну структуру і функції системи автоматизації для скорочення необхідних витрат або більш раціональному використанні матеріальних ресурсів. В результаті визначено перспективний напрямок розвитку галузі автоматизації будівель, посилюючись на отриману інформацію, їх вплив на параметри та роль в показниках енергоспоживання будівлі.

Abstract. The article discusses the issue of energy efficiency in the context of a modern building, taking into account both economic indicators and environmental performance and personal comfort of users. The relevance of the indicated direction in Ukraine, the structure of energy consumption and the potential in the field of energy efficiency are noted given the already existing results. Regulatory documents and legal acts, including the Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings", defining the requirements for buildings, certification procedures, energy audit and fixing the priority directions of the state development were reviewed. We set out the principle of determining the appropriate level of energy efficiency and its dependence on some technical, social and economic parameters, where the priority is given to the implementation of complex energy-saving solutions, with the need to ensure a uniform impact on the characteristics of the building and its engineering systems to achieve the highest result. The article discusses the features of modern building automation systems related to their division into energy efficiency classes and the corresponding sets of characteristics and functions to be implemented. It also describes methods for assessing the impact of the system on the energy performance of the building and the estimated expected economic benefits for each of the classes identified. Parameters and phenomena that may distort these results are reviewed. Building analysis allows you to determine the optimal structure and function of the automation system to reduce the necessary costs or more rational use of material resources. As a result, the perspective direction of development of the building automation industry was determined, referring to the information received, their influence on the parameters and the role in the energy consumption indicators of the building.

Ключові слова: автоматизація будівель, енергоефективність, моніторинг, класи енергоефективності, АСМУБ, енергозбереження.

Keywords: building automation, energy efficiency, monitoring, energy efficiency classes, BACS, energy saving.

Вступ

Дуже часто можна почути термін «енергоефективність». І це не дивно, адже витрати енергії в усіх галузях промисловості та побуту зросли. Зросли і об'єми виробництва продукції і різноманіття товарів, необхідних для повсякденного життя. Тому в світі постійно вдосконалюються техніка та матеріали для зменшення використання як первинних енергоносіїв так і електроенергії, зменшення викидів CO₂, охорони довкілля, зменшення собівартості продукції і тому подібне.

Розвиток технологій та потреб сучасної людини безпосередньо впливають на все що пов'язано з будівлями, дозволяючи створювати більш екологічні, енергоефективні та дешеві в експлуатації об'єкти, зберігаючи рівень комфорту, що стає стандартом для забудовників в світі та підкріплюється міжнародними домовленостями (Київський протокол, Паризька угода, директива про енергоефективність будівель від Європейського Союзу тощо [1]).

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В Україні питання енергоефективності постало особливо гостро тільки декілька років тому, коли відбулося різке підняття тарифів на енергоносії (рис. 1) [1], що стало економічним ударом не тільки для промисловості країни та комерційних установ, а й для звичайного населення.

Не зважаючи на величезний потенціал України в сфері енергоефективності, на сьогоднішній день вона є однією з найбільш енергоємних країн у світі [2]. Така ситуація пов'язана з рядом факторів:

- відносно низькі ціни на енергоносії;
- надмірне регулювання ринку за рахунок надання значних субсидій та державне регулювання цін;
- низька поінформованість населення;
- недостатнє фінансування тощо.

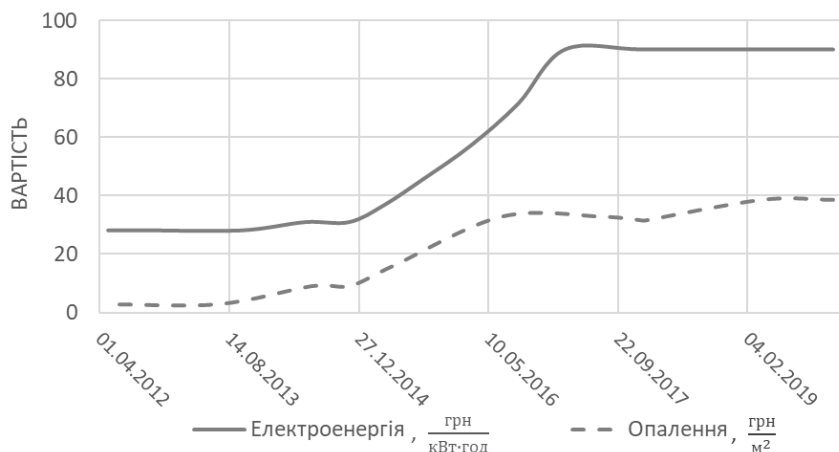


Рис. 1 – Динаміка тарифів в Україні

Значна частинна витрат припадає на утримання будівель, що використовують близько третини первинної енергії (рис. 2) [3,4]. Тому їм приділяється значна увага з боку міжнародної спільноти. В результаті сфера будівництва, житлова політика і політика житлово-комунального господарства в Україні протягом останніх 5 років зазнала значних комплексних реформ. Було розроблено набір документів (методичні матеріали, рекомендації, методології та стандарти), що регулюють галузь і визначають пріоритетний напрямок державної політики в питаннях підвищення рівня енергоефективності будівель.

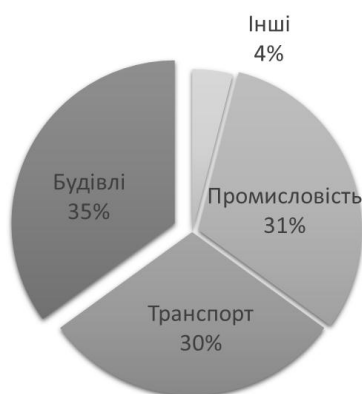


Рис. 2 – Використання первинної енергії за сегментами

Підтвердженням актуальності питання є прийняття Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», що почав діяти з 23 липня 2018 року [5], що впроваджує з 1 липня 2019 року обов'язкову процедуру енергетичної сертифікації та визначення класів енергоефективності для вказаного переліку будівель [5,6]. Енергетична ефективність будівель може забезпечуватися шляхом [5]:

- 1) підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель;
- 2) встановлення засобів обліку та регулювання споживання енергетичних ресурсів;
- 3) впровадження автоматизованих систем моніторингу і управління інженерними системами;
- 4) підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;
- 5) використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії;
- 6) застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі та інших заходів із забезпечення енергетичної ефективності будівель.

В оцінці енергетичної ефективності будівель, розглядають показники енергопотребності на опалення, охолодження, гарячого водопостачання, систем вентиляції та освітлення, загальний рівень споживання первинної енергії та аналіз пов'язаних з цим викидів парникових газів [5].

Будівля – складний технологічний об'єкт, проектування, спорудження, оснащення, введення в експлуатацію та обслуговування якого потребує значного діапазону спеціалістів: від будівельників, архітекторів, дизайнерів до сантехників, електриків та професіоналів інших галузей знань. Кожен з них має значний вплив на якість кінцевого результату. Для створення високоєфективної системи, її складові частини мають злагоджено співпрацювати і відповідати за рівнем одна одній. Прикладом найвищого рівня оптимізації конструкції та обладнання з метою досягнення найвищого рівня енергоефективності можуть бути пасивні (passive house), автономні (autonomous building)



та будинки нульовим енергоспоживанням (zero energy building). Кожен з цих видів будівель має власні критерії приналежності та сертифікації.

Пасивні будівлі використовують до 15 кВт·год/(м²) енергії на власне опалення та, аналогічно, охолодження на рік [7,8] що становить близько 10 % від енергоспоживання звичайних будівель. Такий результат досягається за рахунок використання високоефективних теплоізоляційних матеріалів та підвищеної теплової ємності стін, які акумулюють енергію, врахування сонячної радіації та ефективної системи рекуперації тепла. Автономні будівлі повністю ізольовані від зовнішніх енерго-, тепло-, водопостачання та інших послуг. А під нульовим енергоспоживанням розуміється те, що загальна кількість енергії, яка використовується протягом року будівлею, рівна об'єму генерованій будинком відновлюваній енергії, яка повертається в мережу. При цьому в будинках підтримуються внутрішні оптимальні комфортні умови для користувачів, використовуючи автоматичне управління параметрами [9].

Незважаючи на значення таких будівель для навколишнього середовища та навантаження на енергосистему, головним недоліком є їхня вартість та довгий термін окупності інвестицій, близько 18 років [9], що приводить до важливих питань в даній темі щодо оптимального рівня енергоефективності та мотивації використання енергозберігаючих технологій.

В Україні розроблена методика для розрахунку економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель, що враховує вимоги актів законодавства Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства та гармонізованих європейських стандартів [5,7]. Необхідний рівень встановлюється за результатами аналізу витрат і вигод, де враховується:

- розрахунковий строк служби будівлі або її елемента;
- витрати на енергоносії, продукцію, системи;
- витрати на технічне обслуговування, експлуатацію і оплату праці персоналу;
- динаміка цін на енергоносії для планування витрат на паливо, що використовується для енергопостачання в будівлі та ставка дисконтування.

Також, приймаючи рішення, можна враховувати кліматичні особливості, доступ до природних ресурсів, тип та режим використання, досвід від впровадження подібних проектів в регіоні та інші фізичні, соціальні і політичні параметри, що вводять корективи до фактичної результуючої ефективності комплексу заходів.

Окрім економічних переваг, критеріями впровадження енергоефективних рішень та систем автоматизації можуть бути престижність, зручність, можливість віддаленого управління і контролю або екологічна «свідомість». Завдяки інформації про клас енергоефективності будівель визначається реальна вартість нерухомості. Чим вище клас, тим дорожче нерухомість.

З іншого боку, для досягнення найвищого результату необхідно забезпечити рівномірний вплив на параметри будівлі та її інженерні системи. Тобто розробка окремого сегменту енергозберігаючих рішень може не дати очікуваного результату в порівнянні з більш комплексними підходами при однакових інвестиційних затратах. Тому існує потреба в оцінці властивостей, функцій та можливостей всіх структур будівлі, для визначення їх впливу на параметри енергоефективності та вибору оптимального набору характеристик.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є визначення впливу системи автоматизації на загальне значення енергоефективності будівлі в залежності від комплексу функцій, які вона виконує, що дозволяє визначити оптимальну структуру і функції системи автоматизації для скорочення необхідних витрат або більш раціональному використанні матеріальних ресурсів.

Результати досліджень та їх обговорення

Рішення в галузі автоматизації, підвищують ефективність функцій управління опаленням, вентиляцією, охолодженням, гарячим водопостачанням, освітленням, живленням побутових пристроїв тощо.

Використання систем автоматизації в будівлях регламентується європейським стандартом EN15232 [11]. Даний стандарт був адаптований в Україні і використовується як національний стандарт ДСТУ Б EN 15232:2011. Він описує функції контролю і керування як систем будівлі, так і процесів та обслуговування, що пов'язані з експлуатацією та управлінням будівлею та її технічними системами. Стандарт EN15232 задає методику оцінки впливу функцій систем автоматизації та засобів технічного управління будівлі на енергоефективність, а також методику визначення мінімальних вимог до таких систем для будівель різної складності.

Основна мета використання автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями (АСМУБ) - підвищення функціональної та енергетичної ефективності експлуатації будівель за рахунок ефективного управління технічними системами будівлі (рис 3). Комплексні та інтегровані функції енергозбереження та відповідні режими експлуатації можуть бути сконфігуровані для фактичного використання будівель залежно від реальних потреб споживача для уникнення зайвого використання енергії та виділення CO₂.



Рис. 3 – Технічні системи та функції будівлі, що знаходяться під контролем АСМУБ та ТУБ

Функції технічного управління будівлею (ТУБ) надають інформацію стосовно експлуатації, технічного обслуговування та управління будівлями для контролю енергоспоживання: вимірювання, документування результатів, подання аварійних сповіщень та виявлення надлишкового використання енергії.

Відповідно до стандарту системи автоматизації будівлі розділяються на чотири класи в залежності від використаних засобів та алгоритмів керування (рис. 4). Вони відрізняються від загальної класифікації будівель за енергетичною ефективністю, що позначаються сімома літерами від А до G [10].



Рис. 4 – Класи енергоефективності АСМУБ і ТУБ

Принцип побудови таких систем в розрізі автоматизації виглядає як нарощення функціональності з підвищенням класу енергоефективності системи управління, що вказує на рівень впливу автоматизації і технічного управління будівлею на енергоспоживання будівлі [10].

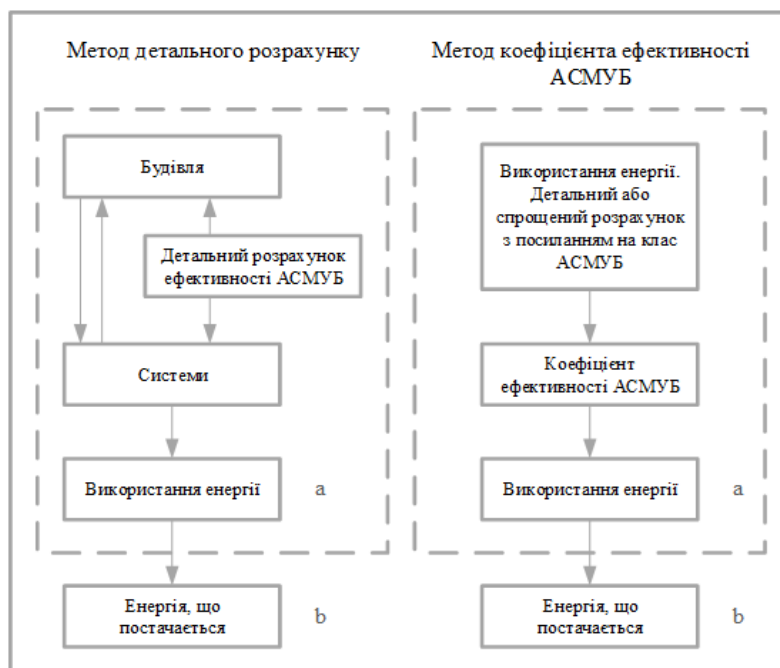
Наприклад, клас С – базовий. До нього належать будівлі в яких використовується автоматика тільки центральних систем (опалення, вентиляція і кондиціонування). В свою чергу при побудові будівлі класу А необхідно використання засобів автоматизації на всіх рівнях, їх повна інтеграція між собою, створення систем технічного управління будівлею, моніторингу, проведення аналізу даних та оптимізація витрат енергії. Основні характеристики та вимоги до класів представлені в таблиці 1.

Розрахунок впливу функцій автоматизації, моніторингу та управління будівлями на енергоефективність будівлі можна провести або методом детального розрахунку, або із застосуванням коефіцієнта ефективності АСМУБ. Порівняння цих методів та послідовність їх розрахунку приведені на рисунку 5 [11].

Метод детального розрахунку доцільний за наявності достатньої інформації стосовно функцій автоматизації, моніторингу та управління, що використовуються для будівель та енергетичних систем. Застосування процедури детального розрахунку передбачає, що всі функції автоматизації, моніторингу та управління, що мають бути враховані при експлуатації будівлі та її енергетичних систем, відомі.

**Таблиця 1** – Характеристика класів енергоефективності

Клас	Енергоефективність
А	Відповідає високому рівню енергетичних характеристик АСМУБ та ТУБ
	- Інтегроване місцеве управління та моніторинг з урахуванням фактичних потреб в енергії - Планове обслуговування - Енергетичний моніторинг - Неперервна оптимізація витрати енергії
В	Відповідає просунутим АСМУБ та деяким специфічним функціям ТУБ
	- Мережева автоматизація приміщення без урахування фактичних потреб - Енергетичний моніторинг
С	Відповідає стандартній АСМУБ
	- Мережева автоматизація центральних систем будівель - Відсутність електронної автоматизації приміщення - В приміщеннях відсутні електронні контролери чи термостатичні головки на радіаторах опалення - Без моніторингу енергії
D	Відповідає неенергоефективному АСМУБ. Будинки з такими системами буде модернізовано. Новобудови не повинні бути обладнані такими системами
	- Без мережевих функцій автоматизації будівель - Відсутні контролери в приміщеннях - Без моніторингу енергії



a - Витрата енергії на опалення, охолодження, вентиляцію, гаряче водопостачання або освітлення
b - Передана енергія - загальна енергія з поділом на енергоносії (газ, нафта, електроенергія тощо)

Рис. 5 – Відмінності між методом детального розрахунку та методом із використанням коефіцієнта ефективності АСМУБ

Другий метод надає приблизну оцінку впливу впровадження автоматизації залежно від класів ефективності. Розрахувати потребу енергії для кожної з систем будівлі можна за формулою (1). В таблиці 2 зазначені коефіцієнти ефективності для теплової та електричної енергії, що класифіковані залежно від типу будівлі та класу до якого відноситься система.

$$Q_t = Q_{ref} \times \frac{k_e}{k_{ref}} \quad (1)$$

де Q_t – повний обсяг енергії, необхідної для утримання будівлі;
 Q_{ref} – енергопотреба для базового класу (зазвичай використовується клас С);
 k_e – коефіцієнт ефективності;
 k_{ref} – коефіцієнт ефективності базового класу.

**Таблиця 2 – Коефіцієнти енергоефективності будівлі**

Тип будівлі	Коефіцієнти ефективності теплової/електрично енергії							
	D		C		B		A	
	Неенергоефективний		Стандартний		Просунутий		Високоєфективний	
Житлові будинки	1,10	1,08	1	1	0,88	0,93	0,81	0,92
Офіси	1,51	1,1	1	1	0,80	0,93	0,70	0,87
Лікарні	1,31	1,05	1	1	0,91	0,98	0,86	0,96
Ресторани	1,23	1,04	1	1	0,73	0,96	0,6	0,92

Для прикладу, за даними з таблиці 2, економія енергії для офісної будівлі класу А в порівнянні з базовим класом С для теплової енергії складатиме 30%, а для електроенергії – 13%. Порівнюючи дану систему з іншими класами енергоефективності (таблиця 3), можна відстежити за рахунок яких функцій ми отримуємо такий економічний ефект.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика класів енергоефективності АСМУБ

Характеристика	Клас			
	A	B	C	D
Автоматизація центральних систем будівлі	✓	✓	✓	✗
Зв'язок кімнатних систем керувань з центральними	✓	✓	✗	✗
Енергетичний моніторинг	✓	✓	✗	✗
Точне підтримання клімату в приміщеннях	✓	✓	✗	✗
Автоматичне управління освітленням та жалюзі	✓	✓	✗	✗
Врахування фактичних потреб в енергії при управлінні	✓	✗	✗	✗
Звітність та оптимізація витрати енергії	✓	✗	✗	✗
Планування обслуговування системи	✓	✗	✗	✗

Таким чином при успішному виконанні всіх зазначених в стандарті вимог, досягається максимальна енергоефективність без негативного впливу на комфорт користувачів. Стандарт EN 15232 вперше чітко показує величезний потенціал економії енергії, укладений в інженерних системах будівель, чітко визначає методи розрахунку та вимоги до систем автоматизації. В той же час він не вказує способи реалізації функцій систем, що дає спеціалісту свободу дій та можливість застосовувати найновіші технології для успішного виконання проекту.

За рахунок комплексних рішень, інтегрованих функцій енергозбереження та організованих відповідних режимів експлуатації, системи автоматизації сучасних будівель можуть бути сконфігуровані для фактичного використання енергоресурсів залежно від реальних потреб споживача для уникнення зайвого використання енергії та зниження експлуатаційних затрат власників.

Для досягнення бажаних економічних ефектів, система автоматизації повинна відповідати технічним характеристикам будівлі, що означає як і неможливість отримання високих результатів за допомогою комплексу АСМУБ в будинку з низьким класом енергоефективності, так і недосяжність високого класу без автоматизації. З цього випливає зв'язок всіх характеристик будівлі в один міжгалузевий комплекс, де враховуються, окрім зазначених вище, і соціальні, екологічні, естетичні фактори та критерії. Це призводить до унікальної ситуації, коли технічне обладнання обирається за зовнішнім виглядом та відповідності інтер'єру та навпаки основні інтер'єрні комбінації обумовленні конструкційними рішеннями та встановленим обладнанням, або коли перевага надається екологічним системам чи матеріалам за рахунок збільшення вартості об'єкта.

Проте крім впливу фізичних параметрів, не останнє значення має поведінка користувачів [12], що здатна спотворювати результати. Відповідно, вона є ключовим фактором для розуміння величезних розривів між реальними та прогнозованими енергетичними показниками будівель [13]. Мотивація впровадження та використання енергоефективних рішень в галузі є завданням соціальної політики держави та громадянського суспільства, спрямованого на забезпечення сталого розвитку держави [5]. Необхідна організація соціальних та економічних заходів, спрямованих на залучення та інформування кінцевих користувачів про енергоспоживання та його вплив на навколишнє середовище [14], що включає як і вже впроваджені в Україні (енергетичне маркування, сертифікація, енергоаудит, розробка нормативної бази, системи зобов'язань, економічних стимулів та перешкод) так і перспективні напрямки роботи (освітні заходи, система заохочення, зворотного зв'язку, ініціативи на базі громади, постановка цілей та гейміфікація).

Висновок

Розвиток енергоефективного підходу до проектування, спорудження та управління будівлею включає в себе міжгалузевий комплекс напрацювань, що безпосередньо пов'язує між собою соціальні, економічні, технічні,



екологічні, естетичні фактори та критерії. Це вказує на складність таких об'єктів і необхідність злагодженої роботи спеціалістів різних професій для забезпечення рівномірного впливу на параметри будівлі та її інженерні системи. Для структурування вимог, процедур, норм для будинків, розроблено набір нормативних документів та нормативно-правових актів як на рівні держав, наприклад в Україні, так і на рівні міжнародних ініціатив.

Впровадження АСМУБ необхідне і обов'язкове для створення високоенергоєфективної будівлі. Можливо провести приблизну первинну оцінку їх впливу на загальний рівень енерговитрат та енергопотребі використовуючи відповідні коефіцієнти класів енергоєфективності системи автоматизації в відповідності до функцій, які вони виконують. Системи вищого рівня складніші, вимагають інтеграції різномірних функцій та організацію відповідних режимів експлуатації встановленого обладнання, що конфігурується для уникнення надлишкових витрат ресурсів під час експлуатації будівлі. Але це значно підвищує розмір необхідних інвестицій для проектування, розробки та впровадження АСМУБ.

Проте застосування енергоєфективних технологій має свою межу доцільності, обґрунтовану економічними чи іншими критеріями. Це ставить перед суспільством, інженерами та науковцями завдання розвитку не тільки в напрямку підвищення ефективності, а і здешевлення технологій, обладнання і матеріалів для їх широкого застосування.

Подяка. Стаття підготовлена в рамках виконання проекту «Розроблення техніко-технологічних схем та систем керування теплозабезпечення населених пунктів на основі термодинамічних підходів» (номер державної реєстрації НДР 0120U102168).

Список використаних джерел

- [1] Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua> (дата звернення: 20.02.2020).
- [2] The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. *American Council for an Energy-Efficient Economy*. URL: <https://aceee.org/research-report/i1801> (дата звернення: 20.02.2020).
- [3] Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050, Paris: International Energy Agency, 2013. - 290 p.
- [4] 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. *Global Alliance for Buildings and Constructions*. URL: <https://globalabc.org/resources/publications/2019-global-status-report-buildings-and-construction> (дата звернення 20.02.2020).
- [5] Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Київ: Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
- [6] Про затвердження переліку будівель промислового та сільськогосподарського призначення, об'єктів енергетики, транспорту, зв'язку та оборони, складських приміщень, на які не поширюються мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель та які не підлягають сертифікації енергетичної ефективності будівель: Постанова Кабінету Міністрів України від 11.04.2018 № 265-2018-п. *Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2018-%D0%BF> (дата звернення 20.02.2020).
- [7] Mihai, M., Tanasiev, V., Dinca, C., Badea, A., & Vidu, R. Passive house analysis in terms of energy performance. *Energy and Buildings*. 2017. № 144. С. 74 – 86.
- [8] Passive House Institute, Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard. *Passivhaus Institut*: веб-сайт. URL: https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf (дата звернення: 20.02.2020).
- [9] Carutasiu, M.-B., Tanasiev, V., Ionescu, C., Danu, A., Necula, H., & Badea, A. Reducing energy consumption in low energy buildings through implementation of a policy system used in automated heating systems. *Energy and Buildings*. 2015. № 94. С. 227 – 239.
- [10] Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № z0822-18. *Законодавство України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18> (дата звернення 20.02.2020).
- [11] ДСТУ Б EN 15232:2011. Енергоєфективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232:2007, IDT). Київ: Мінрегіон України, 2012. 115 с.
- [12] Chen, S., Zhang, G., Xia, X., Setunge, S., & Shi, L. A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings. *Energy and Buildings*. 2020. № 216.
- [13] Fabi, V., Barthelmes, V. M., Schweiker, M., & Corgnati, S. P. Insights into the effects of occupant behaviour lifestyles and building automation on building energy use. *Energy Procedia*. 2017. № 140. С. 48 – 56.
- [14] Iweka, O., Liu, S., Shukla, A., & Yan, D. Energy and behaviour at home: A review of intervention methods and practices. *Energy Research & Social Science*. 2019. № 57.

References

- [1] National Commission for state regulation in the energy and utilities. [Online]. Available: <https://www.nerc.gov.ua> (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [2] The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. *American Council for an Energy-Efficient Economy*. [Online]. Available: <https://aceee.org/research-report/i1801> (Accessed: Feb. 20, 2020).



- [3] Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050, Paris: International Energy Agency, 2013. - 290 p.
- [4] 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. *Global Alliance for Buildings and Construction*. [Online]. Available: <https://globalabc.org/resources/publications/2019-global-status-report-buildings-and-construction> (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [5] Pro enerhetychnu efektyvnist budivel: Zakon Ukrainy vid 22.06.2017 № 2118-VIII. *Zakonodavstvo Ukrainy*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [6] Pro zatverdzhennia pereliku budivel promyslovoho ta silskohospodarskoho pryznachennia, ob'ektiv enerhetyky, transportu, zviazku ta oborony, skladskykh prymishchen, na yaki ne poshyriuiutsia minimalni vymohy do enerhetychnoi efektyvnosti budivel ta yaki ne pidliahaiut sertyfikatsii enerhetychnoi efektyvnosti budivel: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.04.2018 № 265-2018-p. *Zakonodavstvo Ukrainy*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2018-%D0%BF> (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [7] Mihai, M., Tanasiev, V., Dinca, C., Badea, A., and Vidu, R. "Passive house analysis in terms of energy performance," *Energy and Buildings*, vol. 144, pp. 74 – 86, June 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.03.025.
- [8] Passive House Institute, Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard. *Passivhaus Institut*. [Online]. Available: https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [9] Carutasiu, M.-B., Tanasiev, V., Ionescu, C., Danu, A., Necula, H., & Badea, A. "Reducing energy consumption in low energy buildings through implementation of a policy system used in automated heating systems," *Energy and Buildings*, vol. 94, pp. 227 – 239, May 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.03.008.
- [10] Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia enerhetychnoi efektyvnosti budivel: Nakaz Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrayiny vid 11.07.2018 № z0822-18. *Zakonodavstvo Ukrainy*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18> (Accessed: Feb. 20, 2020).
- [11] DSTU B EN 15232:2011. Enerhoefektyvnist budivel. Vplyv avtomatyzatsii, monitorynhu ta upravlinnia budivliamy (EN 15232:2007, IDT). Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2012.
- [12] Chen, S., Zhang, G., Xia, X., Setunge, S., & Shi, L. "A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings," *Energy and Buildings*, vol. 216, June 2020, Art. no. 109944, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.109944.
- [13] Fabi, V., Barthelmes, V. M., Schweiker, M., & Corgnati, S. P. "Insights into the effects of occupant behaviour lifestyles and building automation on building energy use," *Energy Procedia*, vol. 140, pp. 48 – 56, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.11.122.
- [14] Iweka, O., Liu, S., Shukla, A., & Yan, D. "Energy and behaviour at home: A review of intervention methods and practices," *Energy Research & Social Science*, vol. 57, Nov. 2019, Art. no. 101238, doi: 10.1016/j.erss.2019.101238.

УДК 621.577.4

ЗАСТОСУВАННЯ КРИТЕРІВ ПОГЛИБЛЕНОГО ЕКСПЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОАСОСНОЇ УСТАНОВКИ НА СТИЧНИХ ВОДАХ

Степанець О. В., Захарченко А. С.
Некрасевич О.В.¹, Волощук В.А.², Ковриго Ю.М.³

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-2263-3549>, ² <https://orcid.org/0000-0003-0687-8968>,

³ <https://orcid.org/0000-0002-2928-1905>

E-mail: ¹ olena.nekrashevych@gmail.com, ² vl.volodya@gmail.com, ³ yukovrygo@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i2.1805>