

УДК 721.021.2

DOI: 10.32347/0131-579x.2021.100.172-181

к. т. н., асистент **Кошева В.О.**,

kosheva.vo@knuba.edu.ua, ORCID:0000-0002-6178-8837

к. т. н., доцент **Кошевий О. П.**,

koshevyi.op@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7796-0443,

ст. викл. **Тробиук О. М.**,

trobiuk.om@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2491-511X

Київський національний університет будівництва і архітектури

СИСТЕМНО ГРАФІЧНО-ІНТЕРПРЕТОВАНІ МОДЕЛІ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

В статті розглянута побудова системних графічно-інтерпретованих моделей для матричного аналізу заходів по енергозбереженню при проектуванні житлових енергоефективних та пасивних будівель, реконструкції житлової та історичної забудови та створенню енергоактивних об'єктів архітектури з використанням альтернативних джерел енергії. Енергоефективне проектування нових будівель та модернізації старих залишається актуальною задачею. Зниженням енергоспоживання та впровадженням енергозберігаючих технологій все більше цікавляться будівельні організації України. Науковці прагнуть зробити житло більш енергоефективним, а саме таким, що споживає менше енергії в порівнянні із звичайними будівлями та не забруднює навколишнє середовище. Підвищити рівень енергозабезпечення та знизити індивідуальні витрати на обслуговування будинку дозволить розв'язання задачі створення графічно-інтерпретованих моделей енергоефективності будівлі та енерговитрат.

Аналіз проводиться на основі комбінації активних та пасивних заходів по енергозбереженню та враховує можливі обмеження, що базуються на системному підході при побудові комплексної моделі енергоактивної будівлі.

Ключові слова: енергоефективні технології; енергоактивна будівля; пасивна будівля; графічно-інтерпретована модель; реконструкція будівель.

Постановка проблеми. Тема енергоефективного проектування нових будівель та модернізації старих є актуальною та такою, що стрімко розвивається в Україні. Зниженням енергоспоживання та впровадженням

енергозберігаючих технологій все більше цікавляться будівельні організації України. Вітчизняні науковці прагнуть зробити житло більш енергоефективним, тобто таким, що споживає менше енергії в порівнянні із звичайними будівлями та не забруднює навколишнє середовище. Задачі створення графічно-інтерпретованих моделей енергоефективності будівлі та енерговитрат на його обслуговування дозволяють не лише знизити індивідуальні витрати, але й підвищити рівень енергозабезпечення.

Ціль статті. Побудова графічно-інтерпретованих моделей створення об'єктів архітектури при новому будівництві енергоефективних та пасивних будівель, а також при реконструкції житлової та історичної забудови.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Принципи створення системних моделей енергоефективних будівель при їх проектуванні і розробці ефективних та енергозберігаючих рішень були сформульовані в працях вітчизняних вчених: О.Л. Підгорного, О.В. Сергейчука, В.О. Плоского, В.І. Заприводи, В.Л. Мартинова, О.В. Кашенко та ін.

Основна частина. Енергетична модернізація будівельного об'єкту дозволяє не лише знизити індивідуальні витрати, але й підвищити рівень комфорту. За останні роки загальноприйнятий стиль життя змінився. Вимоги до житлової забудови, особливо в приватному секторі, значно зросли. Змінились не лише вимоги до величини загальної та житлової площі, кількості кімнат, але й стандарти до зовнішнього та внутрішнього опорядження приміщень, а також до архітектурно-планувальних елементів. Можна виділити наступні стимули та причини до провадження енергоефективних систем та технологій при енергетичній модернізації будівель:

- необхідність капітального ремонту;
- перепланування приміщень;
- модернізація огорожувальних конструкцій;
- підвищення комфортності житлових і нежитлових приміщень;
- оновлення, опорядження та художнє оформлення поверхонь приміщення;
- модернізація та адаптація інженерного обладнання будівлі та підвищення комфортності його використання.

В основному увага зосереджується у напрямку застосування новітніх матеріалів, виробів, конструкцій та технологій з підвищеним рівнем енергозбереження, як при проектуванні так і при зведенні будівель. На сьогодні, на жаль, лише частково вирішуються питання розвитку

альтернативних джерел енергії та економного використання основних. Також, актуальним лишається питання використання сучасних енергоощадних систем освітлення, вентиляції та опалення будівель і споруд [1, 2, 5].

При створенні проекту енергоефективного житлового будинку або модернізації об'єкту житлової забудови виникає необхідність формування структури заходів, які доцільно впроваджувати. Концепція енергоефективної будівлі включає в себе ряд конкретних заходів, які можливо комбінувати між собою або впроваджувати окремо [3]. Для графічного аналізу результати дослідження концепції створення енергоефективної будівлі з урахуванням можливих обмежень представлені у вигляді матриці на рис.1. Проведений аналіз дає можливість усвідомити, що проектування нових енергоефективних будівель та енергетична модернізація старих є доцільним та можливим напрямком розвитку архітектурно-будівельної галузі України.

Обмеження	Необхідні заходи																
	Енергетично - оптимізовані огорожувальні конструкції				Енергоефективне інженерне обладнання				Енергопостачання (традиційні джерела енергії)			Енергопостачання (нетрадиційні джерела енергії)					
	Створення компактної форми будівлі	Орієнтація будівлі для пасивного високо сонячної енергії	Створення літнього теплового захисту	Теплоізоляційні заходи для зменшення теплових втрат	Зміна конструкції стін для теплоізоляції будинку	Герметичність огорожувальних конструкцій	Вентиляція по мешканцям з мінімальними теплопотратами	Система опалення з низькотемпературними радіаторами	Система кондиціонування з пасивними активними охолодженням	Ефективне споживання електроенергії (високо технологічне обладнання)	Термоістатне регулювання кожного приладу опалення	Електричне опалення будинків з нічним накопиченням тепла	Котельне обладнання низькотемпературного типу	Геотермальні та фотогальванічні установки	Енергія біомаси в котлах на базі пелет	Теплові насоси типу "повітря-вода" та геотермального типу	Конгенерація на базі теплоенергоцентралей (ТЕН)
По зміні форми будівлі																	
По існуючій прилеглої забудові																	
По зміні площі та орієнтації вікон																	
Затінення зеленими насадженнями																	
Вибір сонцезахисного пристрою																	
Вид системи теплоізоляції																	
Зміна конструкції стін																	
Зміна конструктивних елементів																	
При використанні центральної с-ми вент.																	
Розрахунки та проектування с-м опал.																	
Технологічні та економічні обмеження																	
Використання природного освітлення																	
Неможливість встановлення обладнання																	
Індивідуальне використання обладнання																	
По від'ємному енергетичному балансу																	
По об'єднанню з центральним опаленням																	
По збільшенню корисної площі																	
По закупівлі сировини																	
При великій різниці температур																	
По використанню в малих нас. пунктах																	

Рис. 1. Графічно-інтерпретована модель визначення концепції енергоефективного будинку з урахуванням можливих обмежень

При проектуванні нових житлових будівель з впровадженням сучасних енергоефективних систем та технологій (ЕСТ) ми стикаємося з певними обмеженнями: по-перше це містобудівні, адже нову будівлю необхідно гармонійно вписати у навколишню забудову, а по-друге – природно-кліматичні, оскільки треба враховувати кліматичну зону, характер ландшафту, геологічні умови. Для енергозберігаючої житлової будівлі головними обмеженнями виступають економічні та соціальні [3]. Результати дослідження створення енергоефективних нових житлових будівель представлено у вигляді графічно-інтерпретованої моделі (рис.2).

При створенні пасивних будівель важливим є відповідність місцевим кліматичним умовам: аналіз об’ємно-планувальних рішень з виявленням і регулюванням аеродинамічних ефектів, аерації території, умов інсоляції, розміщення будівлі на ділянці з оптимальною орієнтацією її приміщень за сторонами світу тощо. Отже проектувальники стикаються з містобудівними та архітектурно-ландшафтними обмеженнями. Створена графічно-інтерпретована модель підсумовує результати дослідження для пасивних будівель (рис. 3).

Заходи з енергозбереження при впровадженні ЕСТ при новому будівництві енергозберігаючих будинків			Активні							
			Інженерно-технічні			Від впровадження НДЕ				
			Вентиляція з рекуперацією тепла	Ефективне опалення від альтернативних джерел	Енергозберігаюче обладнання та прилади	Сонячні батареї, колектори, фотогоальванічні установки	Теплові насоси, ґрунтові теплообмінники	Вітрогенератори	Теплова установка на біомасі	Міні гідро електростанції
Пасивні	Конструктивні	Вибір екологічно коректних матеріалів								
		Ефективна конструкція стін								
		Ефективний тип вікон								
		Утеплення всієї будівлі								
		Запобігання містків холоду								
		Герметичність споруди								
	Об’ємно-планувальні та ландшафтні	Компактність споруди								
		Орієнтація будівлі на південь								
		Уникнення затінених місць								
		Рациональне розташування вікон								
		Використання рельєфу								
	Архітектурні та автоматизовані	Проектування ефективного сонцезахисту								
		Система пасивного кондиціонування, повітрообмін								
		Системи збору дошової води								
Колористичні	Враховання впливу кольору стін на теплообмін будівлі									

Рис. 2. Графічно-інтерпретована модель заходів по енергозбереженню при новому житловому будівництві

Реконструкція існуючої житлової забудови вимагає впровадження ЕСТ, в цих умовах так само виникають обмеження через стиснуті можливості зміни внутрішньої та зовнішньої структури об'єкту забудови. Присутній і негативний вплив від оточуючої міської забудови. Необхідно враховувати середовище, в якому відбувається забудова чи реконструкція житлового фонду, так як залежно від застосованих заходів та прийнятих рішень відбувається вплив такої забудови на навколишнє середовище і навпаки. При впровадженні ЕСТ в різних типах будівель, заходи, які є бажані до реалізації розділяються на пасивні та активні [2]. Заходи при реконструкції житлової забудови змодельовані у вигляді матриці (рис. 4).

Заходи з енергозбереження при впровадженні ЕСТ при новому будівництві пасивних будинків			Активні							
			Інженерно-технічні				Від впровадження НДЕ			
			Вентиляція з рекуперацією тепла	Ефективне опалення від альтернативних джерел	Енергозберігаюче обладнання та прилади	Сонячні батареї, колектори, фотогальванічні установки	Теплові насоси, ґрунтові теплообмінники	Вітрогенератори	Теплова установка на біомасі	Міні гідро електростанції
Пасивні	Конструктивні	Вибір екологічно коректних матеріалів								
		Ефективна конструкція стін								
		Ефективний тип вікон								
		Утеплення всієї будівлі								
		Запобігання містків холоду								
		Герметичність споруди								
	Об'ємно-планувальні та ландшафтні	Компактність споруди								
		Орієнтація будівлі на південь								
		Уникнення затінених місць								
		Рациональне розташування вікон								
		Використання рельєфу								
	Архітектурні та автоматизовані	Проектування ефективного сонцезахисту								
		Система пасивного кондиціонування, повітрообмін								
		Системи збору дошової води								
	Колористичні	Враховання впливу кольору стін на теплообмін будівлі								

Рис. 3. Графічно-інтерпретована модель заходів по енергозбереженню при будівництві пасивних будівель

У випадку реконструкції історичної забудови з впровадженням ЕСТ також виникають певні обмеження. Враховуючи те, що історична забудова є сукупністю об'єктів архітектурної та містобудівної спадщини, яка підлягає збереженню, як цінні елементи історичного середовища пам'яток архітектури та матеріальні вияви традиційного характеру середовища, то вищезазначені обмеження здебільшого стосуються внутрішньої структури таких об'єктів. Зокрема, такі обмеження можна описати наступним чином.

Заходи з енергозбереження при впровадженні ЕСТ при реконструкції житлової забудови			Активні							
			Інженерно-технічні				Від впровадження НДЕ			
			Вентиляція з рекуляцією тепла	Ефективне опалення від альтернативних джерел	Енергозберігаюче обладнання та прилади	Сонячні батареї, колектори, фототалівальні установки	Теплові насоси, ґрунтові теплообмінники	Вітрогенератори	Теплова установка на біомас	Міні гідро електростанції
Пасивні	Конструктивні	Вибір екологічно коректних матеріалів								
		Ефективна конструкція стін								
		Ефективний тип вікон								
		Утеплення всієї будівлі								
		Запобігання містків холоду								
		Герметичність споруди								
	Об'ємно-планувальні та ландшафтні	Компактність споруди								
		Орієнтація будівлі на південь								
		Уникнення затінених місць								
		Рациональне розташування вікон								
	Архітектурні та ангаментизовані елементи ЕЗ	Використання рельєфу								
		Проектування ефективного сонцезахисту								
		Система пасивного кондиціонування, повітрообмін								
	Колористичні	Системи збору дощової води								
Враховання впливу кольору стін на теплообмін будівлі										

Рис. 4. Графічно-інтерпретована модель заходів по енергозбереженню при реконструкції житлової забудови

При виконанні робіт з утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій та застосування енергозберігаючого обладнання і систем альтернативного постачання енергії на об'єктах історичної забудови не допустиме порушення їх зовнішнього вигляду з усіма архітектурними елементами, що входять до складу фасадів будівлі. Графічно-інтерпретована матрична модель заходів по енергозбереженню при реконструкції історичної забудови представлена на рис. 5.

Для створення енергоактивних будівель найголовнішим є можливість встановлення інженерного обладнання та комп'ютерного моніторингу систем, а саме сонячних батарей, теплових насосів, вітрогенераторів, рекуператорів тепла, ґрунтових теплообмінників, контролюючих пристроїв. Концепція енергоактивного будинку розглянута з врахуванням можливих обмежень, оптимізовані огорожувальні конструкції, енергоефективне інженерне обладнання, умови енергопостачання (традиційні джерела енергії та нетрадиційні джерела енергії) [4]. Використовуючи раніше створені графічно-інтерпретовані моделі та аналізуючи структуру обмежень була створена матрична модель енергоефективних заходів для енергоактивних будівель, що представлена на рис. 6.

Заходи з енергозбереження при впровадженні ЕСТ при реконструкції історичної забудови			Активні								
			Інженерно-технічні				Від впровадження НДЕ				
			Вентиляція з рекуперацією тепла	Ефективне опалення від альтернативних джерел	Енергозберігаюче обладнання та прилади	Сонячні батареї, колектори, фотогальванічні установки	Теплові насоси, ґрунтові теплообмінники	Вітрогенератори	Теплова установка на біомасі	Міні гідро електростанції	
Пасивні	Конструктивні	Вибір екологічно коректних матеріалів									
		Ефективна конструкція стін									
		Ефективний тип вікон									
		Утеплення всієї будівлі									
		Запобігання містків холоду									
		Герметичність споруди									
	Об'ємно-планувальні та ландшафтні	Компактність споруди									
		Орієнтація будівлі на південь									
		Уникнення затінених місць									
		Рациональне розташування вікон									
	Архитектурні та автоматизовані	Використання рельєфу									
		Проектування ефективного сонцезахисту									
		Система пасивного кондиціонування, повітрообмін									
		Системи збору дощової води									
	Колористичні	Враховання впливу кольору стін на теплообмін будівлі									

Рис.5. Графічно-інтерпретована модель заходів по енергозбереженню при реконструкції історичної забудови

Заходи з енергозбереження при впровадженні ЕСТ при новому будівництві енергоактивних будинків			Активні								
			Інженерно-технічні				Від впровадження НДЕ				
			Вентиляція з рекуперацією тепла	Ефективне опалення від альтернативних джерел	Енергозберігаюче обладнання та прилади	Сонячні батареї, колектори, фотогальванічні установки	Теплові насоси, ґрунтові теплообмінники	Вітрогенератори	Теплова установка на біомасі	Міні гідро електростанції	
Пасивні	Конструктивні	Вибір екологічно коректних матеріалів									
		Ефективна конструкція стін									
		Ефективний тип вікон									
		Утеплення всієї будівлі									
		Запобігання містків холоду									
		Герметичність споруди									
	Об'ємно-планувальні та ландшафтні	Компактність споруди									
		Орієнтація будівлі на південь									
		Уникнення затінених місць									
		Рациональне розташування вікон									
	Архитектурні та автоматизовані	Використання рельєфу									
		Проектування ефективного сонцезахисту									
		Система пасивного кондиціонування, повітрообмін									
		Системи збору дощової води									
	Колористичні	Враховання впливу кольору стін на теплообмін будівлі									

Рис. 6. Графічно-інтерпретована модель заходів по енергозбереженню при будівництві енергоактивних будівель

Висновки та перспективи. Створення системних графічно-інтерпретованих моделей енергоефективних будівель на основі матричного аналізу заходів по енергозбереженню дає можливість візуалізувати процес прийняття рішень по енергозбереженню та впровадженню енергоефективних систем і технологій. Комбінація цих заходів створює найбільш оптимальні умови по енергозбереженню при реконструкції житлової та історичної забудови, новому будівництві енергоефективних, пасивних, енергоактивних будівель.

Література

1. Гетун Г.В., Соломін А. В., Лесько І. М., Кошева В. О., Кузнецов Д. С. Вимоги до показників енергоефективних будівель в Україні// Н. т. збірник «Наука и образование» XIII Міжнародної наукової конференції в м. Хайдусобосло, Угорщина, 4-13 січня 2019. С. 14-23.
2. Кошева В. О, Чорноморденко Є. І. Застосування енергоефективних систем і технологій в різних типах житлових будівель / Н. т. збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі», вип. 6, Київ : КНУБА, 2014 р. С.143-148.
3. Кошева В.О., Чорноморденко Є. І. Обмеження при впровадженні енергоефективних систем і технологій в житловій забудові // Н. т. збірник «Сучасні проблеми архітектури та містобудування», вип. 35, Київ : КНУБА, 2014 р. С. 258-263.
4. Кошева В.О. Енергогенеруючі будівлі та фактори, що впливають на прийняття їх проектних рішень в сучасній архітектурі. *Технічна естетика і дизайн*; н.- т. збірник. Випуск 11. Відповідальний редактор М.І. Яковлев. Київ : КНУБА, 2012 р. 224с. С. 80-84.
5. Запривода В. І., Козлов А. П., Плоский В.О., Цой М. М. Послідовність аналізу систем об'єктів в задачах геометричного моделювання процесів та явищ / Н. т. збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». вип. 61. Київ : КНУБА, 1996 р. С. 119-122.

References

1. Hetun H.V., Solomin A. V., Lesko I. M., Kosheva V. O., Kuznetsov D. S. Vymohy do pokaznykiv enerhoefektyvnykh budivel v Ukraini// N. t. zbirnyk «Наука у образovanуе» KhIII Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii v m. Khaidusoboslo, Uhorshchyna, 4-13 sichnia 2019. P. 14-23.
2. Kosheva V. O, Chornomordenko Ye. I. Zastosuvannia enerhoefektyvnykh system i tekhnolohii v riznykh typakh zhytlovykh budivel / N. t. zbirnyk «Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi», vyp. 6, Kyiv : KNUBA, 2014 r. P.143-148.

3. Kosheva V.O., Chornomordenko Ye. I. Obmezhenia pry vprovadzhenni enerhoefektyvnykh system i tekhnolohii v zhytlovii zabudovi // N. t. zbirnyk «Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia», vyp. 35, Kyiv : KNUBA, 2014 r. P. 258-263.
4. Kosheva V.O. Enerhoheneruiuchi budivli ta faktory, shcho vplyvaiut na pryiniattia yikh proektnykh rishen v suchasni arkhitekturi. Tekhnichna estetyka i dyzain; n.- t. zbirnyk. Vypusk 11. Vidpovidalnyi redaktor M.I. Yakovlev. Kyiv : KNUBA, 2012 r. 224 p. P. 80-84.
5. Zapryvoda V. I., Kozlov A. P., Ploskyi V.O., Tsoi M. M. Poslidovnist analizu system obiektiv v zadachakh heometrychnoho modeliuvannia protsesiv ta yavvyshch / N. t. zbirnyk «Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika». vyp. 61. Kyiv : KNUBA, 1996 r. P. 119-122.

к. т. н., асистент **Кошечая В.О.**,

kosheva.vo@knuba.edu.ua, ORCID:0000-0002-6178-8837

к. т. н., доцент **Кошевой О. П.**,

koshevyi.op@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7796-0443,

ст. преподаватель **Тробиук А. М.**,

trobiuk.om@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2491-511X

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

СИСТЕМНЫЕ ГРАФИЧЕСКИ-ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫЕ МОДЕЛИ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В статье рассмотрено построение системных графически-интерпретируемых моделей для матричного анализа энергосберегающих решений при проектировании жилых энергоэффективных и пассивных зданий, реконструкции жилой и исторической застройки и созданию энергоактивных объектов архитектуры с использованием альтернативных источников энергии. Энергоэффективное проектирование новых зданий и модернизации старых остается актуальной задачей. Снижением энергопотребления и внедрением энергосберегающих технологий все больше интересуются строительные организации Украины. Ученые стремятся сделать жилье более энергоэффективным, а именно потребляющим меньше энергии по сравнению с обычными зданиями и не загрязняет окружающую среду. Повысить уровень энергообеспечения и снизить индивидуальные затраты на обслуживание дома позволит решение задачи создания графически-интерпретированных моделей энергоэффективности здания и энергозатрат.

Анализ проводится на основе комбинации активных и пассивных мероприятий по энергосбережению и учитывает возможные

ограничения, базирующиеся на системном подходе при построении комплексной модели энергоактивного здания.

Ключевые слова: энергоэффективные технологии; энергоактивные здания; пассивные здания; графически-интерпретируемая модель; реконструкция зданий.

Ph.D., assistant **Koshevaya V.**,

kosheva.vo@knuba.edu.ua, ORCID:0000-0002-6178-8837

Ph.D., Associate Professor **Kosheva O.**,

koshevyi.op@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7796-0443,

Art. Teacher **Trobyuk A.**,

trobiuk.om@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2491-511X

Kyiv National University of Construction and Architecture

SYSTEMATIC GRAPHICALLY-INTERPRETED MODELS OF CREATION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

The article considers the creation of systematic graphically-interpreted models for matrix analysis of energy saving measures in the design of residential energy efficient and passive buildings, reconstruction of residential and historical buildings and the creation of energy-active architectural objects using alternative energy sources. Energy-efficient design of new buildings and modernization of old ones remains an urgent task. Ukraine's construction organizations are increasingly interested in reducing energy consumption and introducing energy-saving technologies. Scientists are trying to make housing more energy efficient, namely, consuming less energy compared to ordinary buildings and not polluting the environment. Increasing the level of energy supply and reducing the individual costs of servicing the house will allow solving the problem of creating graphically interpreted models of energy efficiency of the building and energy costs. The analysis is based on a combination of active and passive energy conservation measures and takes into account possible limitations based on a system approach in the construction of an integrated model of an energy active building.

The analysis is based on a combination of active and passive energy saving measures and takes into account possible limitations based on a systematic approach by creation a comprehensive model of an energy-active building.

Keywords: energy efficient technologies; energy-active buildings; passive buildings; graphically-interpreted model; reconstruction of buildings.