

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

***Анотація.** На основі світового досвіду подано розширений аналіз концепцій “розумного міста” і “пасивного будинку”, які становлять один з важливих напрямів практичної реалізації місцевих програм сталого розвитку. Докладно проаналізовано відповідні інструментальні рішення, що можуть використовуватися під час довгоочікуваного реформування житлово-комунальної сфери в Україні.*

Ключові слова: сталий розвиток, “розумне місто”, “пасивний будинок”

Chorna O.

FOREIGN APPROACHES FOR HIGHER ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL AREAS

***Summary.** Based on the foreign experience, an extended analysis of the ‘smart city’ and ‘passive building’ concepts as practical approaches for implementation of local sustainable growth programs is provided. Relevant instrumental solutions, which could be used during a long-awaited reform of the Ukraine’s communal services, are analyzed.*

Keywords: sustainable development, ‘smart city’, ‘passive building’

1. Вступ

Як нещодавно зазначено міністрами міського розвитку і територіальної господарки країн ЄС, міста мають унікальні культурні та архітектурні якості, потужну соціальну інтеграцію та виняткові можливості для економічного розвитку, вони є центрами знань і джерелами виникнення інновацій, але в той же час страждають від демографічних проблем, соціальної нерівності, ізоляції конкретних груп населення, відсутності доступного житла та екологічних проблем [1]. Хоча ще у 1992 р. на Саміті Землі в м. Ріо-де-Жанейро (Бразилія) задекларовано курс на реалізацію місцевих програм сталого розвитку для міст з різними рівнями доходів, міста надалі залишаються осередком марнотратної економіки та потребують термінових змін задля переходу до так званого “зеленого” зростання [2, 3]. Тому в 2012 р. на Конференції ООН зі Сталого розвитку наголошено, що основною складовою “зеленої” економіки є “розумне місто”, яке має відігравати провідну роль у формуванні нових інфраструктурних платформ міст, щоб повніше розкрити потенціал для більш процвітаючого, справедливого і екологічного майбутнього [4].

У запропонованій статті поставлено за мету проаналізувати декілька взаємопов’язаних напрямів реалізації концепції “розумного міста”. Структура відбиває поставлені завдання. У підрозділі 2 наголошено основні виклики для розвитку міських агломерацій. У підрозділі 3 докладніше охарактеризовано концепцію “розумного міста”, що вважається ефективним напрямом розвитку міських конгло-

мерацій. Відповідні практичні рішення систематизовано у підрозділі 4. Наступний підрозділ 5 присвячено концепції “пасивного будинку”, яка розглядається важливим компонентом “розумного міста”.

2. Виклики для розвитку міських агломерацій

На сьогодні не існує універсальних рішень, але всі міста мають можливості для підвищення ефективності, ширшого використання поновлюваних ресурсів та інновацій, з економічною та екологічною віддачею [5]. До рішучіших дій спонукають: збільшення частки міського населення (до 2030 р. – 60% населення житиме у містах), екологічні аспекти функціонування міських агломерацій (на міста припадає 60 – 80% споживання енергії і 75% викидів вуглекислого газу), включно з проблемами прісної води, роботи каналізаційних систем, систем охорони здоров'я [6]. Складність управління відходами, брак ресурсів, забруднення повітря, проблеми зі здоров'ям людей, насиченість транспорту на дорогах стали основними технічними, фізичними та матеріальними проблемами [7].

Забезпечення надійними житловими умовами в контексті такого швидкого зростання міського населення у всьому світі вимагає більш глибокого розуміння концепції “розумного міста”.

3. Концепція “розумного міста”

Вважається, що поняття “розумне місто” з'явилося водночас з появою руху на користь “розумного зростання” наприкінці 1990-х років. Поняття було вперше вжите в 2004 – 2005 рр. декількома компаніями: Cisco, IBM, Siemens, які працювали над створенням складних інформаційних систем для інтеграції роботи міської інфраструктури і послуг [8].

Незважаючи на збільшення частоти використання поняття “розумне місто”, до цих пір немає чіткого і послідовного розуміння концепції серед наукових кіл. Використовуються декілька робочих визначень:

- перспективність з економічної і екологічної точок зору [9];
- контроль всіх міських інфраструктур (дороги, мости, системи водо- і енергопостачання, навіть великих будівель), краща оптимізація ресурсів, планування профілактичних заходів, технічне обслуговування і контроль безпеки громадян, вдосконалення сфери послуг [10];
- поєднання різних інфраструктур (ІТ, соціальної і ділової) з використанням колективного розуму [11, с. 1–16];
- прагнення стати “розумнішим” (більш ефективним, екологічним, доступним для проживання на значний період часу) [12];
- використання комп'ютерних технологій, щоб зробити місто і послуги (адміністрація, освіта, охорона здоров'я, транспортні та комунальні служби) більш інтелектуальними, інтегрованими та ефективними [13].

Р. Джифінджер асоціює “розумне місто” з поняттям “перспективний шлях розвитку”, що акцентує важливість таких чинників, як обізнаність і впливовість населення [14]. К. Харрісон і Я. Доннелі визначають “розумне місто” як таке, в якому всі його компоненти взаємопов'язані між собою і саморегулюються [15].

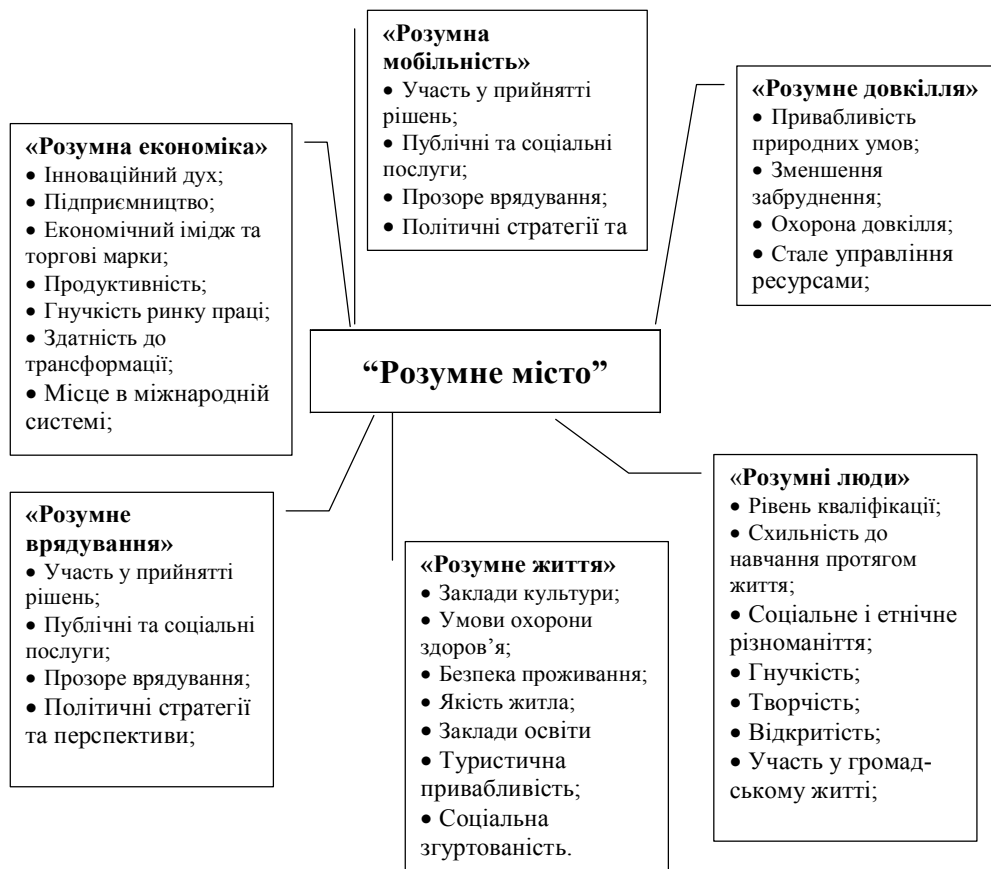


Рис. 1. Складові «розумного» міста
Джерело: [9]

Рада по захисту природних ресурсів пропонує свою версію: розум в контексті міста, на їхню думку означає більш ефективне використання природних ресурсів, сталий розвиток та придатне до життя середовище [12]. Основним в концепції «розумного міста» приймається використання технологій для збільшення сталості розвитку та збільшення використання відновлюваних джерел енергії. Особливий інтерес представляє охорона природних ресурсів та відповідної інфраструктури для забезпечення водопостачання, каналізацій, створення зелених зон та парків.

На наш погляд, найвдаліше проаналізували концепцію «розумного міста» науковці Віденського технологічного університету, які використали шість характеристик: «розумна економіка», «розумне врядування», «розумна мобільність», «розумне довкілля», «розумні люди» і «розумне життя» (рис. 1). Екологічний компонент видається першочерговим, оскільки саме міста становитимуть основну причину світового зростання споживання енергії і пов'язаних з цим викидів вуглецю.

4. Практичні рішення

Для поліпшення енергетичного клімату в містах пропонується [16; 17; 18; 19; 20; 21]:

- **Децентралізоване енергопостачання.** Чим коротша відстань до споживачів, тим менші втрати. Хоча доцільно розміщати великі електростанції за межами міста (наприклад, з екологічних міркувань чи пом'якшення певних ризиків для здоров'я), тим не менше є багато можливостей для розвитку малих електростанцій в різних районах міста, як це демонструє досвід Данії. Крім того, міста можуть виробляти енергію з використанням місцевих ресурсів (сонячна енергія, вітрова, геотермальна або шляхом переробки відходів), а передача енергії на менші відстані може призвести до істотного скорочення викидів CO₂. Прикладом може слугувати ТЕЦ Беркентін (м. Лондон), що обслуговує 600 будинків і щорічно економить 1700т CO₂;

- **“Розумні” мережі.** Відповідна концепція поєднує інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ) в управлінні електричними мережами, що дозволяє напівавтономний розподіл місцевих підстанцій. Будучи такими, вони зможуть реагувати більш розумно до динамічних змін в нарузі мереж або генерації чи споживанні. У контексті змінюваних поновлюваних джерел енергії, саморегулювання систем електропостачання має велике значення²¹;

- **Електричні транспортні засоби.** Електромобілі особливо підходять для міського середовища, адже більшість подорожей є короткими. Хоча зменшуються викиди вихлопних газів та шум, виникають проблеми для електричних мереж. Окрім зменшення кількості електромобілів в години пік, існує необхідність широкого розповсюдження зарядних станцій на об'єктах паркування. Відповідні програми реалізуються в Ізраїлі та м. Берлін;

- **“Розумне” вимірювання.** Споживачі енергії рідко відстежують, скільки енергії вони споживають, а також ціни на енергоносії. Часто немає можливості встановити використання енергії на периферіях мереж. Ситуація поліпшиться, якщо споживачі матимуть точнішу інформацію в режимі реального часу. Багато підприємств встановлюють "розумні" лічильники з можливістю координувати за допомогою певних служб навантаження в мережі²². Розумне вимірювання в світі було вперше створене в квартирах в Векше, Швеція, клієнти скоротили споживання електроенергії на 24%, а використання гарячої води на 43%. Система включає в себе веб-портал, який дозволяє користувачам переглядати погодинні ставки споживання і проводити порівняння споживання з іншими в районі;

²¹ Місто Боулдер (штат Колорадо, США) вважається першим містом, де реалізується концепція "розумних мереж". В місті будуть створені автономні підстанції для постачання енергії до будинків обладнаних розумними пристроями, які відстежуватимуть і реагуватимуть на недостачу постачання. Ці пристрої можуть показувати в реальному часі інформацію про використану енергію та ціни на неї, таким чином заохочуватимуть ефективну поведінку споживачів. Також буде модернізовано лінію електропередач з широкосмуговим з'єднанням, щоб в реальному часі встановлювати двосторонній зв'язок для більш надійного управління енергією. Пропонується також створення гібридних електромобілів, дрібних об'єктів генерації і акумуляції технологій зберігання даних [17].

²² Деякі "розумні" лічильники можуть аналізувати навантаженість мережі будинку або мобільних пристроїв, що дозволяє споживачеві більш інтуїтивно мати доступ до інформації з приводу навантаженості мережі будинку. Це дозволяє споживачам краще управляти своїм енергоспоживанням для зниження попиту, як і коли це необхідно.

• **Концепція реагування на попит.** Зменшення пікового навантаження на електромережі можна досягти шляхом надання стимулів для клієнтів, які хочуть зменшити їх зростаючий попит на енергію. Здатність регулювати діяльність великої кількості дрібних пристроїв може привести до істотної економії енергії в мережі, приміром, за допомогою підвищення температури в холодильнику чи нижчого температурного циклу для сушарки. У 2007 р. в США проводились річні випробування з 150 автономними приладами, що мали здатність реагувати на зовсім незначні зміни в енергопостачанні;

• **Комбіноване виробництво тепла та електроенергії.** Скандинавські міста Копенгаген і Стокгольм продемонстрували, що теплоелектроцентралі (ТЕЦ) можуть запропонувати істотні поліпшення в ефективності споживання²³. ТЕЦ у фінській столиці Гельсінкі виробляють енергію не лише для міста, але й на продаж у мережі півночі країни, обходячись без субсидій. На додаток до мережі централізованого теплопостачання, функціонує система централізованого охолодження;

• **Центральне опалення.** Системи центрального опалення вимагають часу на створення²⁴, але надалі можуть бути такими, що найбільше підходять місцевим економічним умовам та навколишньому середовищу. Універсальність системи централізованого теплопостачання міста дозволяє розташування біля багатьох джерел: від природного газу, нафти та вугілля (приміром, мережа Копенгагена побудована біля вугільної електростанції) до спалювання відходів, геотермальної енергії, гранул з деревини та соломи. Крім того, районні системи охолодження можуть використовувати різні джерела, як вода озер, як це має місце в Торонто, Канада, і Амстердамі, Нідерландах [16];

• **Біомаса.** Спалювання біомаси (рослини, деревина, гній або осади стічних вод) для отримання тепла або електроенергії може відбуватися за допомогою анаеробного зброджування або катіон-газифікації (змішування біомаси речовини з киснем і водяною парою при високій температурі). Місто Юнде в Німеччині отримує більшість енергії з біомаси локальних установок, що використовують гній та рослинний силос. Продемонстровано, що біомаса може бути ефективним способом опалення і виробництва електроенергії;

• **Енергія з відходів.** Доведено, що анаеробне зброджування та катіон-газифікація найбільше скорочують викиди парникових газів. В місті Гетеборг (Швеція) працює інтегрована система переробки відходів, яка збирає, сортує і спалює 34,5 тис. т сміття на рік. Міська влада у м. Фрайбурзі (Німеччина) вже десять років використовує завод по переробці сміття, що перетворює щорічно 36 тис. т побутових органічних відходів в 4 млн. м³ біогазу і 15 тис. т добрив. У м. Стокгольмі осад стічних вод збирається і зберігається у великих резервуарах. Отриманий біогаз як паливо для міських автобусів, сміттєвозів і таксі. Крім того, біогаз розподіляється на близько 1000 газових плит у квартирах району Хаммарбю;

²³ Є два основних підходи по встановленню ТЕЦ. Перше - використання тепла, яке виникло в результаті власного виробництва електроенергії для обігріву будівлі (побічний продукт виробництва електроенергії). Другий підхід – виробляється конкретне теплове навантаження, яке експортується до локальних мереж. Останні розробки в цій області це охолодження, обігрів та малі електростанції, де тепло керує процесами охолодження.

²⁴ Потрібно було 30 років, щоб підключити 95% будівель до системи централізованого теплопостачання в Копенгагені, Данія, і це було досягнуто тільки за допомогою певних законодавчих стимулів, за якими вимагалось підключення будівель до централізованого опалення.

- **Теплозбереження.** Доступна енергія може використовуватися для нагрівання або охолодження речовини, яка утримує високу або низьку температуру довгий час, що підвищує загальну ефективність. У м. Даллас (США) така система використовується для охолодження води вночі. Охолоджена вода потім використовується вдень. У м. Фридрихсхафен (Німеччина) для нагріву води створено близько 4300 м² сонячних колекторів. Вода, що вже нагрілась переводиться в довгострокове зберігання в підземне термальне сховище для подальшого використання. Система забезпечує 600 житлових будинків. Холодильні камери також можна використовувати для зменшення кількості заводів необхідних для систем кондиціонування повітря. Така система використовується в Каліфорнійському мистецькому центрі в США, та в Уельському центрі в м. Кардіфф (Великобританія);

- **Геотермальна енергія.** Геотермальні установки можуть варіюватися від великомасштабних до маломасштабних систем підтримки міського опалення. У м. Саусгемптон (Великобританія) комбіновані геотермальні установки нагрівання чи охолодження забезпечують місто гарячою та холодною водою. Геотермальні свердловини забезпечують опалення міста нагріваючою сумішшю на 18%. В Ісландії 90% з житлового фонду країни нагрівається за допомогою геотермальної енергії. Це джерело енергії нагріває дороги та тротуари протягом зимових місяців;

- **Сонячна енергія.** Міські дахи отримують суттєву кількість енергії у вигляді сонячного випромінювання, що можна використати належним чином. У м. Барселона (Іспанія) дійшли висновків, що для забезпечення міста внутрішньою енергією достатньо 1 м² фотоелементів на людину, і 10 м² на сім'ю. Можна використовувати паркувальні лічильники, світлофори, які можуть працювати без або зі зниженням залежності від електричних мереж. У Сан-Франциско, США, стимулом для встановлення сонячних панелей є значне зниження вартості на установку для жителів міста;

- **Пільгові тарифи.** Це дозволяє споживачам виробляти власну електроенергію і допомагає стимулювати розвиток децентралізованих мереж електроенергії. Пільгові тарифи на сонячну енергію вперше були запропоновані в м. Ахен (Німеччина) у 1990 р. У 2008 р. в м. Лос-Анджелес оголошено програму під назвою “Сонячний Лос-Анджелес”, що передбачає до 2020 р. задовольнити 10% попиту на енергію сонячною енергією [16]

- **Гідроелектростанції.** Хоча гідроенергетика традиційно асоціюється з масштабними проектами, малі гідроелектростанції не позбавлені переваг. У Великобританії гребля Беастон в м. Ноттінгем генерує близько 5,3 ГВт електроенергії на рік – цього достатньо, щоб підтримувати близько 1200 домашніх господарств. Аналогічного розміру (5,2 ГВт / рік) схема була побудована в 1996 р. в м. Ксанті (Греція);

- **Енергія приливів.** Приливні електростанції належать до найнадійніших поновлюваних ресурсів. Цей природний феномен вперше використали 40 років тому в гирлі річки Ранс, недалеко від м. Сен-Мало у Франції. Отриманої енергії вистарчає для понад 250 тис. домашніх господарств;

- **Енергія вітрів.** Вітрові турбіни можуть бути інтегровані в міський пейзаж у найрізноманітніших формах; наприклад, на дахах будинків, уздовж доріг і залізничних колій, у поєднанні з освітлювальними опорами, в доках або на промислових об'єктах²⁵. Таких п'ять міні турбін було встановлено в м. Ліверпуль (Великобританія);

- **Зберігання електроенергії.** Залежність від відновлюваних джерел, як вітрова і сонячна енергетика, передбачає створення методів як для генерування ще більше енергії, такі і скорочення її споживання в пікові періоди²⁶. Данія зуміла в середньому на 20% збільшити забезпечення енергією вітру за рахунок використання гідроємності в горах Норвегії. Така система діє в м. Гамбург (Німеччина);

- **Міські мережі.** Невеликі за масштабом електричні мережі, які працюють з певним ступенем автономії, можна встановити на невеликих відокремлених територіях і використовувати для накопичування енергії.

5. Концепція “пасивного будинку”

Важливим компонентом “розумного міста” розглядається концепція “пасивного будинку”, яка розвиває програми енергоефективності та допомагає активізувати ініціативу мешканців задля створення екологічних будівель, які в перспективі дозволять заощадити значні кошти. Оскільки половина споживання енергії припадає на житлові будинки та споруди, будівництво так званих енергоефективних або, іншими словами, “пасивних будинків” стає одним з найактуальніших методів ресурсозбереження²⁷.

²⁵ Схема встановлення малих міських вітрових установок різниться від встановлення великих вітрових ферм. Вертикальна вісь вітрових турбіни все ж іноді використовується в міському середовищі. У місті їм не потрібно бути повернутими до вітру і вони можуть поглинати енергію від турбулентних повітряних мас навколо будівлі.

²⁶ Існує багато технологій зберігання. Найбільш перевіреним є гідро-зберігання, коли вже достатньо вироблено енергії, вода перекачується в гірські водосховища. Коли електричне живлення знову потрібне, збережена вода, перекачується через турбіну назад. Також існує декілька інших технологій зберігання енергії, таких як зберігання водню, до прикладу. Вода розщеплюється за допомогою електролізу для створення водню і кисню в пікові моменти потреби енергії і об'єднується в паливні елементи, коли електрика не потрібна.

²⁷ Поняття пасивного будинку було запропоноване в травні 1988 р. В. Файстом, пізніше засновником “Інституту пасивного будинку” в м. Дармштадт (Німеччина), і проф. Б. Адамсоном з Лундського університету (Швеція). Надалі їх концепція розроблялася в численних дослідницьких проєктах, фінансованих федеральним урядом землі Гессен (Німеччина). “Пасивний будинок” було визначено як будівлю, що має незначні вимоги до теплопостачання і, тому, не потребує активного опалення. Такий будинок має бути “пасивно” теплим — використовувати наявні внутрішні джерела тепла, наприклад, сонячну енергію. Теоретичний доказ можливості створення таких будинків було представлено в дисертації “Пасивні будинки в Центральній Європі” за допомогою комп'ютеризованої моделі енергобалансу будівель. Передбачалося, що будівельні елементи, які визначають енергоспоживання будівлі, систематично змінюються і оптимізуються на підставі ефективного використання енергії та створення комфортних умов для проживання. Незабаром стало зрозуміло, що для енергооптимізації будинку не досить обмежитись тільки обігрівом — все споживання енергії в побуті має бути зведено до мінімуму, наприклад, звести на нуль економію енергії, використовуючи неефективні електричні пристрої, які мають високі показники тепловтрат (такі як лампи розжарювання).

До перших енергоефективних будівель можна віднести споруду, побудовану в 1972 р. в м. Манчестер (штат Нью-Гемпшир, США). Це був федеральний 6-поверховий будинок загальною площею 16350 м², з підземною автостоянкою. При проектуванні цієї будівлі застосовано низку енергозберігаючих технологій: залежне від частин світу розташування будівлі, зменшена площа скління (не більше ніж 10%), відсутність скління з північної сторони фасаду, двошарова конструкція зовнішніх стін, сонцезахисні козирки на вікнах, максимально можливе використання природного освітлення, зниження втрат на підігрів зовнішнього повітря шляхом рециркуляції, використання резервуарів для зберігання охолодженої і нагрітої води, використання сонячних колекторів [22].

У 1973 – 1979 рр. побудовано комплекс “Econo-House” у м. Отаніємі (Фінляндія)²⁸, який складається з двох секцій площею 8090 м² і 4700 м². Щорічне питоме теплоспоживання першої секції комплексу “Econo-House” склало 124 кВт. год/м², а щорічне питоме електроспоживання склало 79 кВт. год/ м², що виявилося на 60% економнішим, ніж традиційні будівлі [22].

Перший пасивний будинок був побудований в м. Дармштадті (Німеччина). На підставі восьми науково-дослідних проектів було розроблено декілька архітектурних проектів, проведено дослідження підвищення ефективності циркуляції тепла в системі вентиляції, встановлені параметри вентиляції для підтримки повітря належної якості, розроблені високоефективні ізотермічні віконні рами та деталі з мінімальною втратою тепла для з'єднання різних будівельних елементів. Будинок був оснащений точними засобами моніторингу, щоб надалі була можливість оцінити його ефективність.

Перший "стандартизований" пасивний будинок був побудований в 2005 р. в Ірландії шведською компанією "Scandinavian Homes" [22]. Також відомі інші проекти “пасивного будинку” [23]²⁹:

1) будинок “Нульової Енергії” в університетському містечку Технічного Університету в м. Копенгагені. Цей будинок все ще використовується в якості невеликого готелю для університету; хоча функціонують усі пасивні системи, однак, активна сонячна технологія не була відновлена після того, як вона вийшла із дії. У результаті було зроблено вибір на користь менш амбіційного “енергозберігаючого будинку”;

2) в Німеччині Х. Херстером, Б. Стеймюллером та іншими, завдяки фінансуванню з федерального бюджету були визначені важливі параметри для енергозберігаючих будинків, що дозволило створити суперізолюваний будинок з активною сонячною технологією, який, втім, не було заселено;

²⁸ Окрім складного об'ємно-планувального рішення, що враховує особливості місця розташування і клімату, було застосовано особливу систему вентиляції, при якій повітря нагрівалося за рахунок сонячної радіації, тепло від якої акумулювалось в спеціальних склопакетах і жалюзях. У загальну схему теплообміну будівлі були включені сонячні колектори та геотермальна установка. Форма скатів покрівлі будівлі враховувала широту місця будівництва і кути падіння сонячних променів в різний час року.

²⁹ Концепція “пасивного будинку” передбачає досягнення комфортного мікроклімату (ISO 7730) в зимовий період без окремої системи опалення (або використовуючи малопотужну компактну систему опалення), а в літній період — без системи кондиціонування.

3) Створені в США у 1970 – 1980-х роках декілька “суперізольованих будинків” були дуже близькими до концепції “пасивного будинку”³⁰. Теоретичні праці В. Шеркліффа згодом широко використовувалися для розробки енергозберігаючих і “пасивних” будинків у Європі;

4) “Пасивний” будинок у м. Старий Сноумас (штат Колорадо, США) на висоті 2164 м. Під керівництвом А. Ловінса було побудовано надзвичайно добре ізольований сонячний “пасивний” будинок, який претендує на енергетичний стандарт майбутнього;

5) У Швеції шлях до успіху “енергозберігаючого будинку” проклали “суперенергозберігаючі” будинки Г. Йїка, що передбачали підвищення надійності таких компонентів, як високий рівень повітронепроникності, хороша ізоляція, щільні вікна, надійна механічна вентиляція.

Будівництво пасивного будинку вимагає ретельного планування, яке включає [27; 28]:

- **орієнтація по відношенню до сторін світу.** Вужчий фасад будівлі повинен бути орієнтований на південь, а широкий – на схід/захід, задля кращого опромінення (в цій частині повинні розташовуватися кухня і вітальня). Цей напрямок також є вигідним для прохолоди влітку, оскільки сонце світить лише зранку;

- **затінення.** Навіси і затінення є важливими компонентами в пасивному будинку, тому що знижують ймовірне нагрівання в літній період³¹. Південний фасад, з якого сонце в основному потрапляє до будинку, має бути затіненим. З цією метою можна змонтувати необхідного розміру навіс, з метою запобігання перегріву і задля підтримання прохолоди в літні місяці.

- **ізоляція.** Огороджувальні конструкції (стіни, вікна, дахи, підлога) стандартних будинків мають досить великий коефіцієнт теплопередачі, що призводить до значних втрат (наприклад, тепло-втрати звичайної цегляної будівлі — 250-350 кВт/год з м² опалювальної площі в рік). Технологія пасивного будинку передбачає ефективну теплоізоляцію всіх захисних поверхонь — не лише стін, але й підлоги, стелі, горища, підвалу і фундаменту³².

³⁰ Пасивний дизайн стосується конкретних способів побудови будівель, використовуючи природний рух тепла і повітря, одержання пасивного сонячного проміння та охолодження для підтримки хорошого внутрішнього комфорту. За допомогою пасивних рішень можна усунути, або, принаймні зменшити, використання механічних систем і попиту на енергію на 80%, а також викиди CO₂.

³¹ Тип тіні і нахил завжди пов'язані з положенням сонця геометрією будівлі. Є кілька способів накласти правильну тінь: контролювати пряму сонячну радіацію на південному фасаді, використовуючи фіксовані навіси; обмежити кількість вікон в напрямку сходу чи заходу, тому що їх затінення є дуже складним в порівнянні з південною стороною; північний фасад може бути без затінення, оскільки отримує дуже мало прямих сонячних променів; внутрішні пристрої затінення, такі як жалюзі або вертикальні жалюзі, можуть використовуватися з метою контролю відблисків, але повинно бути й зовнішнє затінення [25].

³² У пасивному будинку формується кілька шарів теплоізоляції - внутрішня і зовнішня. Це дозволяє одночасно не випускати тепло з будинку і не впускати холод всередину нього. Також проводиться усунення “містків холоду” в огорожувальних конструкціях, що дозволяє зменшити тепло-втрати через огорожувальні поверхні до 15 кВт/год з 1 м² опалювальної площі в рік — практично в 20 разів нижче, ніж у звичайних будинках. Теплоізоляцію можна розділити за наступними типами, відповідно до різних способів теплопередачі: відбиваючі, які запобігають втратам за рахунок відбиття інфрачервоного “теплого” випромінювання; передбачаючі втрати за рахунок теплопровідності, водопоглинання, паропроникності, тобто за рахунок кондуктивного і конвективного теплообміну (поєднання передачі тепла через сам матеріал і повітря або газ, що знаходиться в ньому) [26].

- **подвійне або потрійне скління.** Для зменшення втрат енергії використовуються вакуумні склопакети або склопакети, заповнені низько-теплопровідним аргоном, криптоном, зібрані за принципом склоблоків або з теплою дистанцією (дистанційна рамка виготовлена з гуми і пластика, з категоричним уникненням примикання металевої рамки до скла). Скло гартується, покривається діоксидною сонцевідбивачою та енергозберігаючою плівкою. Іноді для додаткової теплоізоляції на вікнах встановлюють віконниці, жалюзі або штори. Установка ролкасет дозволяє збільшити тепловий опір віконного блоку на 20-30%;

- **термальна маса (ефект маховика).** Враховано ефект, коли маса будівлі згладжує приплив і відтік тепла при зміні добової температури³³.

Інститут пасивного будинку в Дармштадті розробив кілька варіантів будівництва таких будинків для клімату Центральної Європи. Тим не менше, було б неправильно використовувати ці варіанти автоматично для інших частин світу, передусім в частині ізоляції, віконних систем та вентиляції. Розроблені стандарти повинні бути адаптовані до географічного положення, традицій місцевих будівель та кліматичних умов кожного регіону³⁴.

Якщо брати до уваги вікові характеристики, то в Європі існує наступна класифікація будівель за їх енергоощадністю: 1) “старі будівлі” (до 1970-х років) – потребують для опалення близько 300 кВт год/м² в рік, 2) “нові будівлі” (до 2000 р.) – 150 кВт год/м² в рік, 3) “будівлі низького споживання енергії” (з 2002 р. не можна будувати нові будівлі за нижчим стандартом) – 60 кВт год/м² в рік, 3) “пасивна будівля” (є закон, відповідно до якого з 2019 року в Європі не можна буде будувати будівлі за нижчим стандартом, ніж пасивна будівля) – 15 кВт год/м² в рік, 4) “будівля нульової енергії” (зовсім не потребує додаткової, крім тієї, що сама виробляє, енергії на опалення) – 0 кВт год/м² в рік, 5) “будівля плюсової енергії” (виробляє за допомогою встановлених на ній сонячних батарей, колекторів, рекуператорів, теплових pomp тощо більше енергії, ніж сама потребує).

Директива енергетичних показників в будівництві (Energy Performance of Buildings Directive), що її було прийнято країнами Євросоюзу в грудні 2009 р., вимагає з 1 січня 2020 р. наближення усіх нових будівель до енергетичної нейтральності (тобто будівництво як мінімум пасивних будівель) [29]. Серед пасивних будинків переважаюча більшість – житлові будівлі³⁵. Стандарти пасивного

³³ Наприклад, при коливанні зовнішньої температури протягом доби, велика термальна маса всередині покритої ізоляцією будівлі може спрямовувати ці коливання таким чином, що термальна маса поглинатиме енергію тепла, коли навколишня температура вища, ніж в самій будівлі, і, відповідно, віддавати теплоенергію, коли навколишня температура нижча. У цьому відмінність від ізоляційної характеристики матеріалу, яка знижує теплопровідність і дозволяє нагріватися і охолоджуватися практично без зовнішнього впливу і просто продовжувати утримувати енергію всередині будівлі.[28]

³⁴ Відповідно до концепції “пасивного будинку” кожна будівля може і повинна бути адаптована до кліматичних особливостей. Станом на 2012 р. більше ніж 37 тис. пасивних будинків використовуються у всьому світі. На сьогоднішній день пасивні будинки побудовані практично у всіх європейських країнах, США, Канаді та Японії.

³⁵ Одними з перших адаптованих до життя односімейних будинків вважають забудови в Німеччині та Австрії, до прикладу, односімейний пасивний будинок в Ліндларі недалеко від Кельна, побудований в 1998 р. дотримуючись п'яти стандартів пасивного будинку. Односімейний пасивний будинок в Ардагері не вимагає традиційної системи опалення і нагрівається головним чином за допомогою пасивної сонячної енергії і внутрішніх джерел тепла. Прикладом застосування технологій пасивного будинку можна вважати будинок у Вісбадені; університетський кампус у Вуперталі, в Німеччині, який спожив величезну кількість енергії перед тим як був перероблений у пасивну будівлю.

будинку надають надзвичайно високий рівень комфорту, а також величезну економію енергії – не тільки для житлових будівель, а й нежитлових (офіси, заводи, адміністративні будівлі, спортивні зали, школи і дитячі садки, зокрема, у Швеції і Данії) [30].

Досвід, в основному Німеччини й Австрії, показав, що пасивні будинки можуть бути економічними і комфортними. Оскільки технологія будівництва пасивних будівель швидко вдосконалюється, а також створюються ефективні нові будівельні матеріали з низькою теплопровідністю та завдяки науково-технічному прогресу у цій сфері знижуватиметься їх вартість, таким чином в найближчі роки енергоефективні будівлі будуть основою різкого зниження енергоспоживання в багатьох країнах, що зробить можливим розвиток “розумних міст” не тільки в країнах з високим рівнем економічного розвитку, а й у країнах, що розвиваються.

6. Висновки

Як показує аналіз спеціалізованої літератури, належною відповіддю на серйозні глобальні виклики може стати концепція “розумного міста”. Це передбачає економічно доцільну екологічність, оптимізацію ресурсів, вдосконалення сфери послуг з використанням комп’ютерних технологій. Хоча до окремих компонент “розумного міста” належать різнопланові чинники, першоплановими видаються екологічні міркування. Більшість з пропонованих практичних рішень можуть бути застосовані в Україні: розвиток децентралізованого енергопостачання і електротранспорту, ефективне використання ТЕЦ (наявність централізованого теплопостачання може вважатися однією з вагомих переваг вітчизняних міст, яку, втім, ще треба матеріалізувати у більш ефективних рішеннях), отримання енергії з біомаси та відходів, а також сонячної, вітрової і геотермальної енергії.

Не меншої уваги заслуговує концепція “пасивного будинку” як дієвого напрямку підвищення енерго- та ресурсозбереження. Такі будинки вимагають ретельного планування (орієнтація, затінення, ізоляція, скління тощо), але можуть стати реальним засобом енергозбереження зокрема та підвищення ефективності міського господарства загалом. Для стимулювання практичної реалізації засадничих ідей, що покладені в концепцію “пасивного будинку”, доцільно використати належні стимули. Зокрема, назріла адаптація вітчизняних будівельних стандартів до відповідних європейських аналогів. Також потребує врегулювання система тарифів на тепло- та електроенергію, без чого не варто розраховувати на успіх концепції “пасивного будинку”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Leipzig Charter on Sustainable European Cities / Agreed on the occasion of the informal Ministerial Meeting on Urban Development and Territorial Cohesion in Leipzig on 24/25 May 2007. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://ec.europa.eu/regional_policy/archive/themes/urban/leipzig_charter.pdf

2. ICLEI Local Governments for Sustainability: Taking stock and moving forward. — Bonn: ICLEI World Secretariat, 2012.

3. United Nations 'Chapter 28: Local Authorities' Initiatives in Support of Agenda 21' in the Earth Summit Agenda 21 The United Nations Programme of Action from Rio, — N.Y.: UN, 1992. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_28.shtml
4. UN General Assembly 'Objective and themes of the United Nations Conference on Sustainable Development: Report of the Secretary-General'. — N.Y.: UN, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.uncsd2012.org/rio20/content/documents/N1070657.pdf>
5. Going green. How cities are leading the next economy: A global survey of city governments on the green economy. The Rio+20 edition. — London: London School of Economics and Political Science, 2012.
6. Overview and Outcomes Summary report Rio+20 corporate sustainability forum. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.unglobalcompact.org/docs/news_events/2012_CSF/Rio_CSF_Overview_Outcomes.pdf
7. Toppeta, D. The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, "Livable", Sustainable Cities. — Milano: The Innovation Knowledge Foundation, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ru.scribd.com/doc/45327903/The-Smart-City-vision-How-Innovation-and-ICT-can-build-smart-%E2%80%9CCLiveable%E2%80%9D-sustainable-cities>
8. Statement of the Conference: Understanding Smart Cities: An Integrative Framework / 45th Hawaii International Conference on System Sciences. — Honolulu: IEEE, 2012.
9. Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., and Meijers, E. Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities. — Vienna: Centre of Regional Science; Vienna University of Technology, 2007. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf
10. Hall, R. The vision of a smart city // Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop (Paris, September 28). — Paris: 2000. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ntl.bts.gov/lib/14000/14800/14834/DE2001773961.pdf>
11. Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., and Williams, P. Foundations for Smarter Cities // IBM Journal of Research and Development. — 2010. — Vol. 54. — No. 4. — P. 1–16.
12. Natural Resources Defense Council. What are smarter cities? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://smartercities.nrdc.org/about>.
13. Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R., Hayes, N., and Nelson, L. Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. — Cambridge, MA: Forrester Research, Inc, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.itworldcanada.com/themes/Hubs/Brainstorm/forrester_help_cios_smart_city.pdf
14. Giffinger, R. European Smart Cities: the need for a place related understanding. — Edinburgh: Edinburgh Napier University, 2011. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.smartcities.info/files/04%20-%20Rudolf%20Giffinger%20-%20SC_Edinburgh_VUT_RGiffinger.pdf
15. Harrison, C. and Donnelly, I. IBM Corporation. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/viewFile/1703/572>.
16. SlimCity: A Cross-Industry Public-Private Initiative on Urban Sustainability. — Geneva: World Economic Forum, 2009. — 6 p.
17. The Smart Grid: An Introduction. — Washington: US Department of Energy Office of Electricity and Energy Reliability 2008. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/SGNR_2008_102802.pdf.
18. Investigation into the Scope for the Transport Sector to Switch to Electric Vehicles and Plugin Hybrid Vehicles. — Washington: Department for Transport 2008. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.berr.gov.uk/files/file48653.pdf>.

19. Combined Heat and Power: Evaluating the Benefits of Greater Global Investment. — Washington: IEA, 2008. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/chp_report.pdf
20. Droege, P., Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution. — N.Y.: John Wiley and Sons, 2007. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF_LIB_RES/PUBLICATIONS/2.%20AD%20V3.1%201-2010.PDF.
21. Thermal Energy Storage at a Federal Facility. — Washington: U.S. Department of Energy, 2009. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/uesc_cs_3.pdf
22. Feist, W. From Low-Energy Buildings to the Passive House. — Darmstadt: Passivhouse Institute, 2006. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html
23. The Passive House — historical review. — Darmstadt: The Passive House Institute. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/the_passive_house_-_historical_review#literature.
24. ISO 7730:2005. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39155
25. Whole building design guide. — Washington: the National Institute of Building Sciences, 2008. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wbdg.org/resources/suncontrol.php>.
26. Energy efficiency and renewable energy: Guide to Home Insulation. — Washington: U.S Department of Energy, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://energy.gov/sites/prod/files/guide_to_home_insulation.pdf
27. Passive design. — Glasgo: University of Strathclyde Engineering. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/09-10/Hybrid_systems/passivedesign.pdf
28. Your Home Technical Manual. Thermal Mass. — Canberra: Department of Resources, Energy and Tourism, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.your-home.gov.au/technical/fs49.html>.
29. Energy performance of buildings // Summaries of EU Legislation. — Brussel: European Commission, 2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_en.htm
30. Examples of passive houses. — Darmstadt: The International Passive House Association. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/examples