

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Гавриш О.М.

ТОВ «Кнауф Гіпс Київ»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті розглянуто застосування сучасних будівельних матеріалів (вакуумних ізоляційних панелей, гіпсокартонних плит з енергоакумуючими речовинами (матеріали зі змінюваним фазовим станом – РСМ), цементних плит «Аквапанель» та ін..) для будівництва енергопозитивних осель, які виробляють енергії більше, ніж споживають.

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрено применение современных строительных материалов (вакуумных изоляционных панелей, гипсокартонных плит с энергоаккумулирующими веществами (материалами со сменным фазовым состоянием – РСМ), цементных плит «Аквапанель» и др.) для строительства энергопозитивных жилищ, которые вырабатывают энергии больше, чем потребляют.

ABSTRACT: The article deals with application of modern construction materials (vacuum insulation panels, gypsum plaster boards with energy accumulating additives (PSM – “Phase changing material”), Aquapanel cement facade boards, etc.) for construction of energy-efficient (Plus-Energie-Haus) houses, meaning buildings that produce more energy than consume.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Енергопозитивний будинок, вакуумна панель, енергоакумуючі речовини, гіпсокартон.

Згідно директиви Євросоюзу з 2021 року, тобто рівно через 10 років, всі житлові новобудови повинні стати енергопозитивними будинками (Plus – Energie – Haus) [1]. Цей термін означає, що такі будинки виробляють енергії більше ніж споживають. Яким чином можливо досягти таких

результатів? Концепція енергопозитивного будинку полягає є зменшенні енерговитрат завдяки використанню сучасних будівельних матеріалів для ефективної теплоізоляції з одного боку, та у використанні альтернативних джерел енергопостачання (сонячні батареї, колектори, теплові насоси тощо) – з іншого. У статті розглянуті лиш деякі приклади використання будівельних матеріалів для влаштування ефективної теплоізоляції та латентного акумулювання тепла в будинку майбутнього.

Керуючись директивами Євросоюзу Федеральне міністерство будівництва ФРН виділило 34 млн. євро на науково-дослідницьку ініціативу «Будівництво майбутнього», яка стартувала в 2006 році [2]. В рамках цієї ініціативи проводяться численні семінари та конгреси, обмін досвідом та публікація результатів досліджень на сторінках часопису «Будівництво майбутнього» (“Zukunft Bauen”), створено пересувний виставково-інформаційний павільйон. Виставкова споруда – це приклад енергопозитивної оселі, створеної архітектурним бюро «Хеггер, Хеггер та Шлейф» (Дармштадт, ФРН).

Енергопозитивна оселя Федерального міністерства будівництва – прототипний демонстраційний зразок ініціативи «Будівництво майбутнього». Вона поєднує в собі як технічні, так і організаційні інновації та виробляє енергії більше ніж споживає сама. Задумана як пересувна виставка, «оселя» протягом 2009 - 2013 рр. демонструвалася у великих містах Німеччини [3].

Демонстрацією своєї енергопозитивної оселі міністерство агітує за впровадження перспективних технологій будівництва. Виставкова споруда інформує громадськість про всі аспекти енергоощадливого та екологічно раціонального («сталого») будівництва та наочно демонструє інноваційні можливості оформлення приміщень. Бюджет реалізації проекту побудови прототипу мобільної виставкової та науково-дослідницької споруди склав близько 1 млн. 200 тис. євро.

Грунтуючись на цілях, які переслідує політика федерального уряду в області енергетики та клімату, міністерство в 2007 р. взяло на себе патронат над участю Німеччини в конкурсі «Сонячне десятиборство» (Solar Decathlon), який відбувався у Вашингтоні, округ Колумбія, США. Перемогу на цьому конкурсі здобув розроблений в Дармштадтському технічному університеті під керівництвом професора Манфреда Хеггера (Manfred Hegger) проект енергопозитивної оселі. Енергопозитивна оселя в рамках ініціативи «Будівництво майбутнього» побудована за зразком цієї моделі-переможниці, технічні характеристики якої наведено в табл. 1.

Несуча конструкція енергопозитивної оселі поєднує в собі дерев'яні личкувальні панелі. Виходячи з бажаних значень енергоефективності будівлі, до фасаду, підлоги та даху пред'являються високі пасивні вимоги щодо власної теплоізоляції. Усі непрозорі (закриті) елементи конструкції

захищені вакуумними теплоізоляційними панелями (скор. VIP від англ. Vacuum insulated panel) загальною товщиною лише 6 см (два шари по 3 см) – новим, інноваційним ізоляційним матеріалом. Цей високоефективний матеріал складається з пористої серцевини, (наприклад, поліуретанова піна), яка, окрім іншого, є утримуючим елементом для оболонки високої щільності, яка запобігає потраплянню газів всередину вакуумної панелі [4, 5]. Певним недоліком цього високотехнологічного будівельного матеріалу, який з'явився на ринку всього декілька років назад, є його чутливість до пошкоджень. Його не можна різати, а значить в багатьох випадках потрібно виготовляти під замовлення. Не можна його і свердлити або забивати в нього цвяхи – все це приведе до різкого зменшення його ізоляційних властивостей. Тому вакуумні панелі не рекомендується використовувати для внутрішньої ізоляції.

Таблиця 1

Технічні характеристики енергоефективного будинку (демонстраційний зразок ініціативи «Будівництво майбутнього»)

Загальна площа:	117 м ²
Корисна площа:	89 м ²
Будівельний об'єм:	350 м ³
Питомі тепловитрати:	16,0 кВт·год/м ² а
Вентиляція:	Природна припливно-витяжна вентиляція Примусова вентиляція (до 3,5 крат/год) (рекуперация тепла >80%)
Гаряче водопостачання:	Плаский колектор: (~ 3 м ²) Теплонасос Бак-акумулятор (200 л)
Опалення/кондиціонування:	Повітряний / водний теплонасос (комбінована компактна вентиляційна установка) Теплопродуктивність: ~ 4,2 кВт

При порівнянні споживних властивостей вакуумних панелей з традиційними ізоляційними матеріалами (табл. 2) виявляється, що при найменшій можливій товщині матеріалу (шести сантиметрова вакуумна панель відповідає шару мінеральної вати завтовшки 60 см) можливо досягти значних ізоляційних результатів. Стіни енергопозитивної оселі при загальній товщині лише 26 см досягають виняткового значення коефіцієнту теплопередачі в 0,1 Вт/м К.

Таблиця 2

Споживні властивості деяких теплоізоляційних матеріалів

Матеріал \ Властивості	Мінеральна вата	Полістирол	Піноскло	Целюлоза	Вакуумна панель
Теплопровідність, Вт/м·К	0,035	0,035	0,04	0,04	0,004
Горючість	НГ	ГЗ	НГ	ГЗ	Г1
Вплив на здоров'я людини	Можливо негативний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний
Енергозатрати при виготовленні	Високі	Високі	Високі	Низькі	Високі
Можливість утилізації	Ні	Так	Так	Так	Ні
Водопоглинання	Велике	Немає	Немає	Велике	Немає

Зовні стіни личкуються цементними плитами (н-д «Аквапанель» компанії Кнауф) та додатково захищаються обшивкою типу «жалозі» з фоточутливими елементами, яка домінує в конструкції. Плита «Аквапанель» складається з сердечника на основі портландцементу з легким мінеральним заповнювачем, армованого склотканиною з лицьової і зворотної сторін. Кінці обрізані, а кромки посилені. Посилена кромка EasyEdge обгорнута склотканиною, вкладеною для додаткового посилення в цементний розчин. Властивості плит «Аквапанель» наведені в таблиці 3. На пласкому даху, відведення води з якого відбувається завдяки нахилу ізоляційного покриття та багат шаровому гідроізоляційному матеріалу з герметизованими стиками, розміщуються колектори сонячної теплової енергії (яка використовується для нагрівання води) та фотоелектричні сонячні батареї (для виробництва електроенергії).

Таблиця 3

Фізичні властивості плит «Аквапанель»

Показник	Значення
Довжина, мм	1200/2400/1250/2500
Ширина, мм	900
Товщина, мм	12,5
Маса, кг/м ²	16
Теплопровідність, Вт/мК	0,175
Клас горючості будівельного матеріалу	Негорючий, А1 у відповідності до DIN 4102

Енергоакумуючі речовини (матеріали зі змінюваним фазовим станом – РСМ, від англ. Phase changing material), які включено до складу гіпсокартонних плит стін та стелі, служать для забезпечення комфортного внутрішнього клімату в приміщенні. Такі речовини акумулюють як сонячну енергію, так і надлишкове тепло, яке виробляється всередині приміщення, а з часом за потреби віддають його назад. Цей новітній матеріал використовується переважно в легких конструкціях, замінюючи собою відсутні в них товсті стіни, які зазвичай і виконують функцію акумулятора тепла.

Енергоакуючі речовини (PCM) або будівельні матеріали, до складу яких входять такі речовини, отримали назву латентних накопичувачів тепла [6]. Оскільки відновлювальна енергія не завжди є у необхідний момент, то акумулювання тепла стає ключовою функцією, наприклад, для того, щоб консервувати нічну прохолоду з метою охолодження приміщення вдень, або відкладати використання надлишку тепла до ночі. Навіть звичайна холодильна техніка може стати у пригоді у разі необхідності накопичення. Наприклад, шляхом відкладання виробництва холоду на холодні нічні години. Це сприяє підвищенню енергоефективності, ощадливості, і навіть більшій стійкості роботі електромережі (перевантаження мережі влітку в результаті роботи кондиціонерів).

На відміну від прямого (чутливого) накопичення тепла при латентному (прихованому) накопиченні зібрана енергія змінює агрегатний стан середовища, не підвищуючи його температуру. Цей феномен видно на прикладі кубиків льоду у воді: вони зберігають температуру води 0°C, доки самі повністю не розтануть. Енергетичні витрати при зміні фаз дуже високі: кількості енергії, яка змушує лід розтавати, достатньо, щоб нагріти відповідну кількість води від 0 до 80°C.

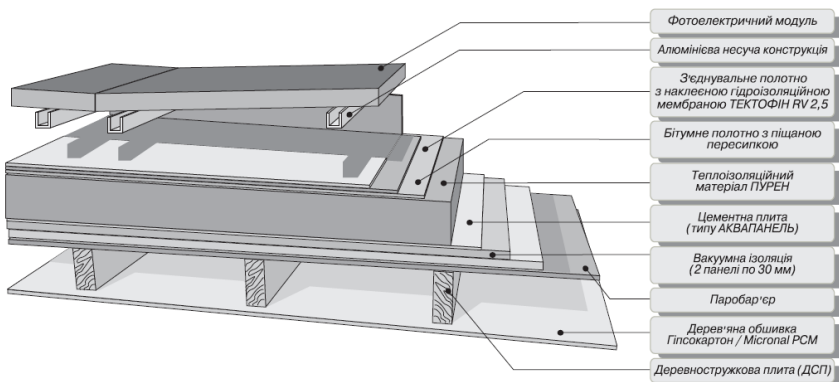


Рис. 1. Будова даху енергопозитивної оселі, створеної архітектурним бюро «Хеггер, Хеггер та Шлейф»

На практиці застосовується в першу чергу фазовий перехід лід/вода, оскільки при фазовому переході лід/газоподібна речовина виникають великі зміни об'єму і тиску середовища накопичування. Звичайно, тільки деякі продукти знайшли своє застосування на ринку. Головними проблемами є довготривала стабільність РСМ, необхідність їх пакування або капсулювання, а також висока ціна у порівнянні із чутливими накопичувальними матеріалами (наприклад, вода). Суміші вода/лід як РСМ при 0°C розповсюджені здебільшого в азіатській місцевості для акліматизації будівель. Зокрема, у Японії з її високим обсягом електроенергії, що виробляється атомними станціями, повільно регулюється і тому особливо дешевий уночі, надлишковий струм застосовується для виробництва льоду. Протягом дня лід використовується для роботи кондиціонерів. Що стосується будівельної продукції, то за придатною температурою до цього часу застосовувалися, головним чином, два класи матеріалів: органічні парафіни та неорганічні гідрати солі. Ключовою технологією на шляху до застосування є мікрокапсулювання, яке до сьогодні достатньо добре реалізувалося тільки з парафінами і сприяє простій інтеграції РСМ у різні продукти, наприклад, у гіпсокартон [7].

Під товарним знаком Micronal PMC [8] фірма BASF продає мікрокапсульовані теплоакуючі порошки з парафінів, що не містять формальдегіду. Завдяки температурам плавлення між 21°C і 26°C залежно від продукту їх температурний діапазон спеціально узгоджений із метою застосування у будівлі. Завдяки мікрокапсулюванню (діаметр капсул 5 мкм) латентні теплові акумулятори відносно легко інтегрувати безпосередньо у будівельну продукцію. Їх майже неможливо зруйнувати механічно, так що кінцеві продукти можна обробляти звичайними методами (свердлити, пиляти тощо). Зміна фаз ззовні непомітна, зміна об'єму при плавленні відбувається у кожній капсулі окремо. Будівельні матеріали Micronal-PCM не змінюють розміри навіть при температурних коливаннях. Іншою перевагою BASF називає швидкий теплообмін завдяки вдалому співвідношенню поверхня-об'єм. Один грам мікрокапсул Micronal PCM має питому поверхню загалом 30 м². Micronal PCM пропонується компанією BASF у формі порошку та дисперсій з різними температурами плавлення. Латентна теплоємність знаходиться у діапазоні 37...45 кДж/кг (дисперсії) або 90...130 кДж/кг (порошки), загальна накопичувальна здатність складає 51...95 кДж/кг (дисперсії) або 125...145 кДж/кг (порошки).

У будівлях застосовують РСМ, щоб підвищити термічну теплоємність. Таким чином, будівля нагрівається протягом дня значно повільніше, що зменшує споживання енергії для охолодження або в оптимальному випадку повністю заміняє її. Надлишкове тепло накопичується в процесі плавлення і виділяється тільки тоді, коли не досягається температура плавлення. Загальний енергообмін з приміщенням здійснюється

пасивно і не потребує додаткової енергії або техніки для автоматичного управління. РСМ забезпечують покращення комфорту споживачів при зменшених або щонайменше незмінних енергетичних затратах. Вимірювання у збудованих спорудах показали, що цілком можливі зниження або підвищення температур до 4°C. Однак точні величини (а також економія енергії) значним чином залежать від індивідуальних умов в будівлі.

Рис.2. Будова стіни

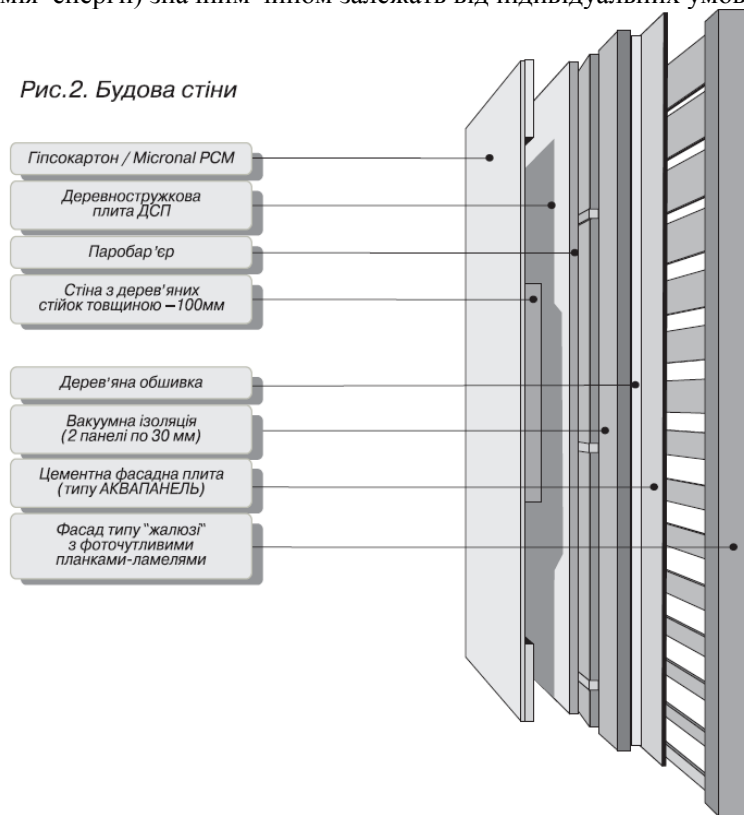


Рис. 2. Будова стіни енергопозитивної оселі, створеної архітектурним бюро «Хеггер, Хеггер та Шлейф»

В оптимізованій, інноваційній енергосистемі, яка працює на принципах синергії елементів конструкції та інженерних систем, велике значення має повноцінна та розумна взаємодія окремих підсистем. Якщо розглядати будівлю як комплексну систему, то необхідно вже на стадії проектування передбачати важливі параметри (використовувані будівельні матеріали та технології), які б забезпечили тривалий внутрішній комфорт та енергоефективність без залучення додаткових засобів. І лише в тому

випадку, коли пасивні заходи виявляться недостатніми для забезпечення бажаного комфорту в жилу приміщенні, їх можна буде доповнити такими активними системами як сонячні батареї, сонячні колектори, рекуператори тепла в системі вентиляції, теплові насоси тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Німецько-українсько-російський словник термінології сухого будівництва / [Гавриш О.М., Гавриш М.М., Захарченко П. В. та ін.]. – К.: СПД Павленко, 2010. – 272 с.
2. Bauen für die Zukunft. Plus-Energie-Haus des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. - Berlin, 2009. – 19 s.
3. www.plus-energie-haus.bmvbs.de
4. Vakuum mit Zulassung. In: DETAIL Green, 01/10. Sonderausgabe zu DETAIL. - S. 69.
5. Dünner dämmen. In: Passivhaus Kompendium 2010. Jahresmagazin. Laible Verlagprojekte, 2010. – S. 87.
6. Bergjan B. Latentwärmespeicher in Gebäuden. In: DETAIL Green, 02/10 / Bergjan B., Haussmann Th., Schossig P.// Sonderausgabe zu DETAIL.-S. 44-48.
7. Технологія та товарознавство систем сухого будівництва / [Захарченко П.В., Ленга Г., Гавриш О.М., Півень Н.М.]. - Видання 2-ге, змінене та доповнене: підручник. КНУБА. – К.: СПД Павленко, 2011. – 512 с.
8. www.micronal.de.

REFERENCES

1. German-ukrainian-russian dictionary of terminology dry construction / [Gavrish O.M., Gavrish M.M., Zaharchenko P.V. and other]. – K.: SPD Pavlenko, 2010. – 272 p.
2. Building for the future. Plus energy house of the Federal Ministry for transport, building and urban development. - Berlin, 2009. – 19 p.
3. www.plus-energie-haus.bmvbs.de
4. Vacuum with Zulassung. In: DETAIL Green, 01/10. Sonderausgabe zu DETAIL. - P. 69.
5. Thin dams. In: Compendium Passive House 2010. Annual magazine. Laible Verlagprojekte, 2010. – S. 87.
6. Bergjan B. Latent heat storage in buildings. In: DETAIL Green, 02/10 / Bergjan B., Haussmann Th., Schossig P. // Special edition DETAIL. - P. 44-48.
7. Technology and management systems of dry construction / [Zaharchenko P.V., Lenga G., Gavrish O.M., Piven N.M.]. - Second edition, modified and completed: textbook. KNUBA. - K.: SPD Pavlenko, 2011. - 512 p.
8. www.micronal.de.

Стаття надійшла до редакції 08.12.2013 г.