

# СУХОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691-38.3-03(38Т)

Гавриш О.М., к.ф.н., професор КНУБА, Генеральний директор, ТОВ «Кнауф Гіпс Київ», м. Київ;  
Вайзе Т., дипл. інженер, Віце-президент ГО «Фонд підтримки будівельної галузі»,  
Директор українсько-німецького будівельного центру

## УЛЬТРАСУЧАСНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДИНКУ МАЙБУТНЬОГО

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 у 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 акумулювання латентного тепла в будинку майбутнього.

Керуючись директивами Євросоюзу Федеральне міністерство транспорту, будівництва та містопорядкування 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 транспорту, будівництва та містопорядкування – 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 - 2011 рр. демонструється 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 бл. 1 млн 200 тис. євро.

Ґрунтуючись 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 (Таблиця 1).

Несуча конструкція енергопозитивної оселі поєднує в собі дерев'яні личкувальні панелі. Виходячи з бажаних значень енергоефективності будівлі, до фасаду, підлоги та даху(Рис.1-3) 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

Таблиця 1

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

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

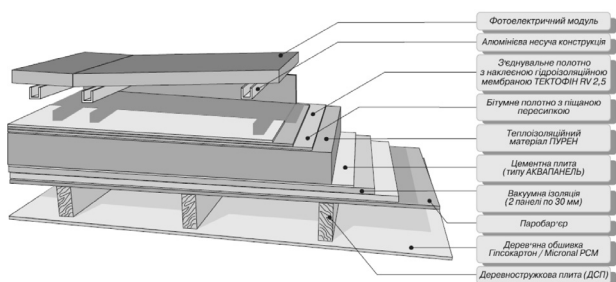


Рис. 1. Будова даху

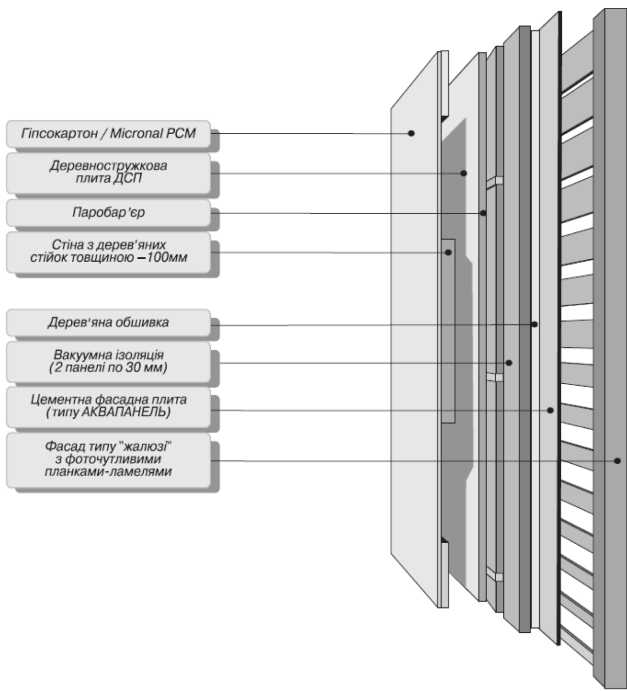


Рис. 2. Будова стіни

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.

При порівнянні споживних властивостей вакуумних панелей з традиційними ізоляційними матеріалами (Таблиця 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.

Зовні стіни личкуються цементними плитами (н-д Аквапанель) та додатково захищаються обшивкою типу «жалюзі» з фоточутливими елементами, яка домінує в конструкції. На плоскому даху, відведення води з якого відбувається завдяки нахилу ізоляційного покриття та багатошаровому гідроізоляційному матеріалу з герметизованими стиками, розміщуються колектори сонячної теплової енергії (яка використовується для нагрівання води) та фотоелектричні сонячні батареї (для виробництва електроенергії).

Енергоакуюлюючі речовини (матеріали зі змінюваним фазовим станом – PCM, від англ. Phase changing material), які включено до складу гіпсокартонних плит стін та стелі, служать для забезпечення комфортного

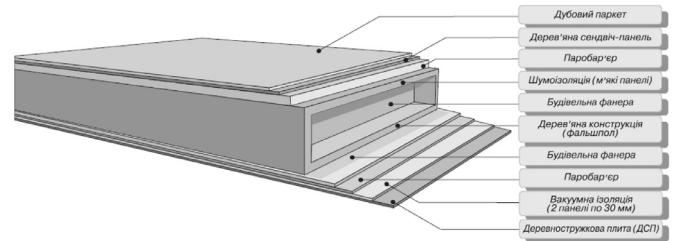


Рис. 3. Будова підлоги

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.

Енергоакуюлюючі речовини (PCM) або будівельні матеріали, до складу яких входять такі речовини, отримали назву накопичувачів латентного 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 більш стійкій 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, допоки 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.

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 PCM, необхідність їх пакування або капсулювання, а також висока ціна у порівнянні із чутливими накопичувальними матеріалами (наприклад, вода). Суміші вода/лід як PCM 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 дешева 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,

Споживні властивості деяких теплоізоляційних матеріалів

№	Матеріал Властивості	Мінеральна вата	Полістирол	Піноскло	Волокна рослинного або тваринного походження	Целюлоза	Вакуумна панель
1	Теплопровідність, Вт/м·К	0,035	0,035	0,04	0,045	0,04	0,004
2	Горючість	НГ	ГЗ	НГ	ГЗ	ГЗ	Г1
3	Вплив на здоров'я людини	Можливо негативний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний	Нейтральний
4	Енергозатрати при виготовленні	Високі	Високі	Високі	Низькі	Низькі	Високі
5	Можливість утилізації	Ні	Так	Так	Так	Так	Ні
6	Водопоглинання	Велике	Немає	Немає	Велике	Велике	Немає

яке до сьогодні достатньо добре реалізувалася тільки з парафінами і сприяє простій інтеграції PCM 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 м<sup>2</sup>. Micronal PCM пропонується компанією BASF у формі порошку та дисперсій з різними температурами плавлення. Латентна теплоємність знаходиться у діапазоні 37–45 кДж/кг

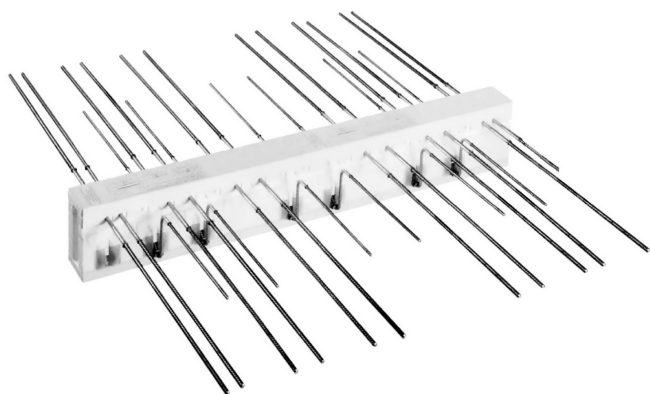


Рис. 4. Будівельний ізоляційний елемент «ізокорб» фірми «Шьок»

(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 PCM, 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. PCM 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.

Головна ідея енергоефективної будівельної системи полягає у тому, щоб максимально зменшити тепловтрати через зовнішні огорожуючі конструкції будівлі за допомогою так званих пасивних методів – теплоізоляції. В практиці масивного (капітального) будівництва часто виникає проблема уникнення містків холоду, які не тільки суттєво зменшують ефективність теплоізоляційних заходів, але і можуть бути причиною появи конденсату на будівельних елементах, плісняви, грибків, а зрештою – і руйнування самої конструкції. Тому важливим принципом проектування та будівництва енергоефективних (пасивних) будинків є мінімізація тепловтрат через містки холоду, які виникають в першу чергу в тих місцях, де поверхові перекриття виходять назовні. Типовим прикладом цього може служити балконна плита, яка повинна бути ізольована з усіх боків. Цей принцип мінімізації містків холоду, який отримав назву ізоляційної корзини (нім. «ізокорб»), все ж доволі неефективний із-за великої площі зовнішньої частини виступу. Уникнути цієї проблеми можливо тільки при проектуванні самонесучої бал-

конної конструкції, яка повністю ізолювана від несучої зовнішньої стіни будівлі. Альтернативою такої конструкції може виступати високотехнологічний елемент оптимізованого термічного поділу будівельного виробу (наприклад - балконної плити), який розробила та пропонує на ринку будівельних матеріалів німецька фірма «Шьок» (Schöck) під торговою маркою «Ізокорб» [9].

Будівельний ізоляційний елемент «ізокорб» (Рис.4), сертифікований Інститутом пасивного будівництва в м. Дармштадт (Німеччина), термічно відділяє прилеглі зовнішні залізобетонні частини конструкції від несучих стін будинку і, таким чином, суттєво знижує втрати тепла через місток холоду. Хоча цей елемент термічно ділить будівельний виріб, він є частиною стативи, тобто це – несучий теплоізоляційний елемент, виготовлений із арматури з нержавіючої сталі, спеціального ПВХ, розробленого фірмою BASF, та шарнірних опорних вкладок (Рис. 4). Єдиним провідником тепла є, таким чином, арматура. Але використання легованої сталі дає можливість при забезпеченні розрахункової міцності конструкції суттєво зменшити поперечний переріз арматурних стрижнів і, як наслідок, - зменшити перетік тепла. Фірма «Шьок» виробляє різні серії та різноманітні типи цих будівельних елементів [10]. Елементи серії ХТ, шириною 120 мм, досягають коефіцієнта теплопровідності від 0,1 до 0,25 Вт/мК. Така теплоізоляція за висновками Інституту пасивного будівництва є на 30% ефективнішою ніж традиційна «ізоляційна корзина» на балконній плиті товщиною 80 мм.

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 необ-

хідно 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 виявляються недостатніми для забезпечення бажаного комфорту в жилу приміщенні, їх можна буде доповнити такими активними системами як сонячні батареї, теплонасос тощо.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гавриш О.М., Гавриш М.М., Захарченко П. В. та ін. Німецько-українсько-російський словник термінології сухого будівництва. – 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., Haussmann Th., Schossig P. Latentwärmespeicher in Gebäuden. In: DETAIL Green, 02/10. Sonderausgabe zu DETAIL. S. 44 – 48.
7. Захарченко П.В., Ленга Г., Гавриш О.М., Півень Н.М. Технологія та товарознавство систем сухого будівництва. Видання 2-ге, змінене та доповнене. Підручник. КНУБА – К.: СПД Павленко, 2011 – 512 с.
8. www.micronal.de
9. Grosch V. Transportblockade. Minimierung unvermeidbarer Wärmebrücken. In: Passivhaus Kompendium 2010. Jahresmagazin. Laible Verlagprojekte, 2010. – S. 74.
10. www.schoeck.de

УДК 691-38.3-03(38Т)

Захарченко П.В., к.т.н., професор, завідувач кафедри КНУБА;  
Гавриш О.М., к.ф.н., професор КНУБА, Генеральний директор, ТОВ «Кнауф Гіпс Київ»;  
Калугіна О.М., інженер, ТОВ «Кнауф Гіпс Київ», аспірант, КНУБА, м. Київ

## РИНОК ТЕПЛО- ТА ЗВУКОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА

Тенденція росту споживання енергоносіїв у промисловості та житлово-комунальній галузі останнім часом характерна для більшості промислово розвинутих країн.

В багатьох країнах вже давно реалізуються численні програми ресурсозбереження, які дозволяють значно скоротити витрати енергоносіїв, в тому числі і в житлово-комунальній сфері.

На жаль, в Україні, як і на всьому пострадянському просторі, питанням ресурсозбереження в будівництві приділялось мало уваги. Однією з причин цього була до останнього часу відсутність системного підходу до будівництва і наступної експлуатації будинків та споруд. Бажання знизити собівартість будівництва не дозволяло при проектуванні раціонально враховувати експлуатаційні витрати тепла, електроенергії та води будинків, тому що це вимагало додаткових капіталовкладень.

Оскільки значна частина теплової енергії витрачається на обігрів будинків (до 20% енергоресурсів, що виробляються), то ця проблема в значній мірі може бути вирішена за рахунок зниження питомих норм енерго- та ресурсоспоживання, а також розробки більш жорстких вимог до теплоізоляції будинків та споруд, що зараз будуються та експлуатуються. Зниження енергоспоживання, в свою чергу, дозволяє суттєво скоротити витрати палива, що веде до збереження сировинних ресурсів та зниження забруднення навколишнього середовища[1].

Проблема енерго- та ресурсозбереження є стратегічним завданням економіки України. Це пов'язано з великим обсягом імпорту енергоносіїв, а також широким колом невирішених питань застарілих енерговитратних технологій в металургії, хімічній промисловості,