

**Валентина ГАЛУШКО<sup>1</sup>**,  
д-р техн. наук, доцент  
ORCID: 0000-0001-5744-0486  
**Лілія КУЧЕРЕНКО<sup>2</sup>**,  
канд. техн. наук, доцент  
ORCID: 0000-0003-0348-3610  
**Ігор БАБІЙ<sup>3</sup>**,  
канд. техн. наук, доцент  
ORCID: 0000-0001-8650-1751  
**Данило ПАПУША<sup>1</sup>**,  
студент гр. ПЦБ – 76

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

<sup>3</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ: ВІД ПАСИВНИХ (ІЗОЛЯЦІЙНИХ) ДО АКТИВНИХ ДЖЕРЕЛ (ВІТРУ, БІОМАС, СОНЦЯ)**

*Під час експлуатації всі будинки і споруди повинні бути досить надійні і забезпечувати захист людей, знаряддя і засоби праці від різних природних явищ. Важливим також в умовах експлуатації – є енергоефективність.*

*Під час глобального зростання цін на енергоресурси та необхідності зниження впливу на довкілля, ключовими напрямками забезпечення енергоефективності є якісна теплоізоляція будівель та використання зовнішніх відновлюваних джерел енергії.*

*Одним з таких матеріалів є пінополіуретан (ППУ). Він є високоефективним синтетичним теплоізоляційним матеріалом з найнижчим коефіцієнтом теплопровідності серед поширених утеплювачів. Забезпечує створення монолітного, безшовного та герметичного теплоізоляційного контуру при напilenні, що критично важливо для мінімізації тепловтрат будівель. Використання ППУ гарантує довговічність конструкції, вологостійкість та хімічну інертність, суттєво знижуючи витрати на опалення та кондиціювання у довгостроковій перспективі.*

*Наступним варіантом для утеплення приміщень є зовнішня енергія. До неї відносяться: вітрова, біомаса, сонячна.*

*Сонячна енергія: Перетворюється на електрику (фотогальванічні установки) або тепло (сонячні колектори) без спалювання палива та прямих викидів. Це чисте, масштабоване джерело енергії, ефективність якого залежить від погодних умов та часу доби.*

*Вітрова енергія: Використовує кінетичну енергію повітря для електроенергії з нульовими експлуатаційними викидами. Вітрогенератори є потужним приладом для виробництва електрики.*

*Біомаса: Одержувана з органічних матеріалів. За умови сталого управління ресурсами вважається вуглецево-нейтральним джерелом, що дозволяє*

*зберігати паливо та забезпечувати стабільну генерацію енергії.*

*Розглянуті варіанти дають можливість з одного боку, максимально знизити потреби в енергії шляхом застосування високоякісних ізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан, з іншого боку, замінити традиційні джерела палива чистими та відновлюваними – енергією сонця, вітру та біомас.*

**Ключові слова:** *енергоефективність, будівельні матеріали, теплоізоляція, екологічність, теплові втрати.*

**Постановка проблеми.** На Україні використовують дуже багато сучасної енергетики, які забезпечують енергоефективність житлових будівель. До них відносяться: енергія вітру – автономні вітрогенератори, вітрогенератори, що працюють в паралель з мережею; сонячна енергія – сонячний колектор, фотогальваніка; геотермальна енергетика – теплові електростанції, ґрунтові теплообмінники; біоенергетика – одержання біодизелю, одержання метану, синтез біогазу. Постійне зростання цін на енергоносії, зміна клімату та збільшення навантаження на наші будівлі вимагають ефективних енергоощадних рішень для забезпечення комфортного життєвого простору. До сучасних матеріалів відносять, які використовують для утеплення будівель, мінеральну вату, полістирол, пінополіуретан, пінопласт. Пінополіуретани - група газонаповнених пластмас на основі поліуретанів, що на 85-90% складаються з інертної газової фази. Пінополіуретан не завжди використовується повною мірою в житлових будівлях. Його використовують для утеплення вікон по периметру, та закладенню щілин.

Фінансовий аспект також впливає на його обсяг. На Українському ринку у порівняно з іншими теплоізоляційними матеріалами, вартість пінополіуретану вища у 1.5 раз, але у процесі експлуатації термін складає від 25 до 50 років. За цей час він себе окупає і не втрачає свої властивості.

Тому проблема полягає у виборі альтернативних матеріалів, та джерел тепла, завдяки яким, можна зменшити вартість, втрати тепла та збільшити потужність.

**Аналіз основних досліджень.** При дослідженні матеріалу та джерел енергії перевіряли: теплопровідність, структуру, екологічність, ефективність терміну експлуатації, робочі температури, водопоглинання, горючість та фінансову складову та інші показники.

**Метою роботи є** дослідження пінополіуретану у порівнянні з іншими існуючими матеріалами, та екологічними джерелами енергії, як альтернатива існуючим. Для досягнення мети розглядалися наступні задачі: аналіз літературних досліджень, вартість на ринку України, характеристики матеріалів та область застосувань пінополіуретану та альтернативних джерел у житлових будинках.

#### **Результати досліджень.**

У поняття «експлуатація» входять всі основні фази існування об'єкта: проектування, вишукування, випробування, збереження, транспортування, монтаж конструкції (зведення об'єкта), функціонування, технічне обслуговування, ремонт, реконструкція, знос або демонтаж [1].

Будівлі, що експлуатуються в агресивних середовищах, їхній строк служби зменшується в 1,5 – 2 рази. Це стосується житлових будівель, які експлуатуються в зоні підвищеної вологості. На таких будинках з часом, з'являється пліснява, яка проникає вздовж стіни, до приміщень (рис. 1). Стіни таких будівель втрачають

теплові характеристики, впливають на стан мешканців та виглядають не естетично [1, 2].

Основними джерелами втрат тепла є стіни фасаду, вікна, дах, системи вентиляції та підлоги у технічних приміщеннях, в підвалах та перших поверхах. (рис. 2). Ці елементи будівлі потребують додаткового захисту та використання електроприладів, щоб підвищити температуру у приміщеннях і зменшити появу плісняви на внутрішніх стінах будівлі. [2].



Рис. 1. Фото-фрагмент стану стін житлових будівель у м. Дрогобич

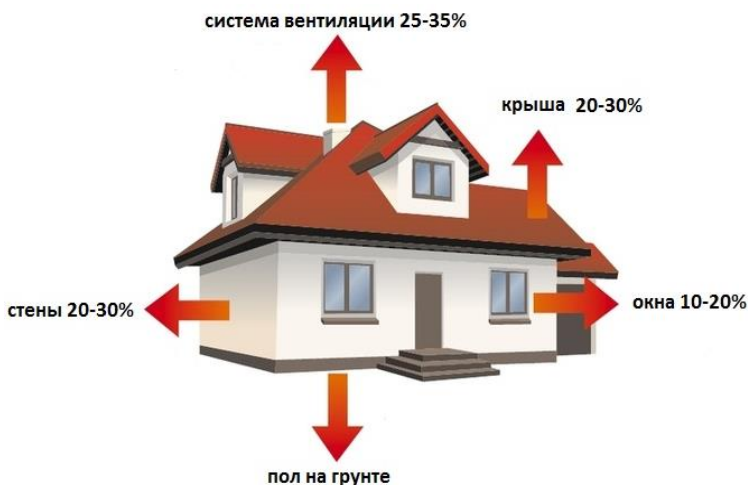


Рис. 2. Джерела втрат тепла будівлі

Для підтримки будівель потрібно використовувати енергозберігаючі технології. Використання тільки матеріалів для утеплення фасадів не завжди є ефективним, потрібно використовувати додаткову енергію зовні, щоб зменшити витрати тепла [3 - 10].

У питаннях утеплення та енергозбереження фасадів на наших ринках з'явилася достатня кількість технічних і конструктивних рішень. Розглянемо позиції на які потрібно звернути увагу, а які можливо обійти стороною.

- Утеплення всередині квартири. З точки зору людей це найкраще рішення для них, адже вони роблять собі в квартирі термос і так економлять на втратах тепла, забувши про інший аспект – це стіни які не прогріваються з внутрішньої сторони ведуть до повного їх промерзання і руйнуються з часом.

- Утеплення фасаду. Краще рішення, хоча деякі його варіанти виконання є вкрай небезпечними [12, 13].

Для утеплення стін використовують пінополіуретан (ППУ) (рис. 3). Він став дуже популярним теплоізоляційним матеріалом завдяки своїй універсальності та ефективності як у будівництві та промисловості, так і в побуті. Маючи унікальні властивості, він дає значне скорочення витрат на енергію, що робить його ефективним засобом для реалізації енергоефективності в будівлях і спорудах.



Рис. 3. Фото-фрагмент пінополіуретана

До недоліків можна віднести горючість в вентиляованих фасадах і відсутність паропроникності. При оштукатурюванні ймовірність загоряння зводиться до нуля. Останнім часом стало популярним утеплення фасаду окремої квартири. Дане рішення утеплення однієї квартири веде до утворення проблеми під стінами будинку через різне температурне розширення. Але, даний метод утеплення є найнижчим за ціною. Що ж стосується точки роси при утепленні фасаду пінополістиролом, то зона конденсації знаходиться за межами утеплювача на кордоні зі стіною будівлі.

Теплоізоляційні властивості ППУ. Основною перевагою ППУ є його надзвичайно низька теплопровідність, тобто 0,019–0,03 Вт/м·К, залежно від того, як MgO зв'язаний один з одним між струмопровідними зернами. Високий коефіцієнт теплозбереження: завдяки закритій комірковій структурі, в якій 90–95% об'єму заповнено газом, ППУ є дуже ефективним бар'єром для втрати тепла. Це означає, що ви можете заощадити на опаленні взимку та на охолодженні влітку. Тонкий шар утеплювача: при однаковому рівні теплозбереження товщина шару ППУ може бути в 1,5-2 рази тонше – в півтора-два рази менше, ніж у традиційних матеріалів, таких як мінеральна вата або пінополістирол.

Гідроізоляційні властивості. Закрита коміркова структура ППУ робить його високоефективним бар'єром для вологи. Це важливо для будівель, де надлишкова

волога може вплинути на енергоефективність через підвищення теплопровідності стін і утворення плісняви. Поєднання тепло- та гідроізоляції, ППУ одночасно виконує функції захисту від тепловтрат і вологи, що зменшує витрати на додаткові матеріали. Довгий термін служби та добре збереження теплоізоляційних властивостей. Однією з найвищих цінностей щодо послуги є утеплювач пінополіуретан (ППУ). Стійкий до механічних навантажень, деформацій, старіння і зовнішніх впливів, він здатний працювати протягом багатьох років без втрати ефективності.

Термін служби, залежно від умов експлуатації, способу монтажу ППУ і типу ППУ. ППУ може зберігати свої теплоізоляційні властивості від 25 до 50 років. Тим не менш, при подальшій експлуатації протягом більше ніж кількох десятих років матеріал не втрачає можливості значно зменшити втрати тепла, що значно перевищує термін служби багатьох інших матеріалів (наприклад, мінеральної вати, яка може втрачати до 50 відсотків тепла). Його теплоізоляційні характеристики протягом 10–15 років).

Механізм довговічності, стійкість до старіння, високоякісні хімічні компоненти, що використовуються для складу ППУ, дозволяють йому зберегти свою структуру. Десятиліття сучасних технологій виробництва дозволяють помітно знизити рівень руйнування матеріалу під впливом високих або низьких температур. Невразливість до механічних пошкоджень: ППУ стискається, стійкий до осідання, не піддається стиску, тому в процесі експлуатації зберігає форму та теплоізоляцію. Стійкість до зовнішніх умов, водонепроникна комірчаста структура робить його стійким до утворення цвіль, грибка або гнилі.

Низька теплопровідність матеріалу дозволяє зменшити енерговитрати на опалення будинку взимку і кондиціонування – влітку. Завдяки технології наплення, пінополіуретан покриває поверхні будь-якої складності, форми та конфігурації і ми отримуємо покриття без стиків, щілин та порожнин, додатково забезпечуючи хороший рівень термо-, гідро- та шумоізоляції. Безшовність утеплювача дозволяє уникнути проникнення холодного повітря і за рахунок цього не утворюється конденсат. Ефективність теплозбереження пінополіуретану, як утеплювача, значно вище, ніж у рулонних і листових теплоізолюючих матеріалів. При правильній експлуатації його термін використання – більше 30 років. Якщо порівнювати з іншими теплоізоляційними матеріалами за різними характеристиками, тоді побачимо що пінополіуретан має, як свої плюси, так і мінуси (таблиця 1).

Хоча пінополіуретан є високоефективним матеріалом, його використання пов'язане з деякими проблемами. Залежність від якості монтажу, невідповідне застосування призводить до утворення дефектів, які вплинуть на теплоізоляційні характеристики. Займистість, хоча поліуретановий пінопласт може містити вогнезахисні хімічні речовини, він є легкозаймистим матеріалом, тому поводитися з ним і використовувати його слід безпечно. Вартість, витрати на встановлення поліуретанової піни трохи високі порівняно зі звичайними матеріалами, але вони окупаються завдяки енергозбереженню.

*Таблиця 1*

**Порівняльні характеристики теплоізоляційних матеріалів**

| Показники                                              | Пінополіуретан                                                      | Пінополістиро<br>л                                                             | Пінопласт                                                                      | Мінеральна вата                                                                |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Коефіцієнт теплопровідності, Вт./м.*К.                 | 0,019-0,035                                                         | 0,032-0,038                                                                    | 0,04                                                                           | 0,045-0,05 (суха); 0,18-0,2 (волога)                                           |
| Структура                                              | Закритопористий, відкритопористий                                   | Закритопористий                                                                | Закритопористий                                                                | Відкритопористий                                                               |
| Ефективний термін експлуатації, роки                   | 25-50                                                               | 10-20                                                                          | 10-15                                                                          | 5-7                                                                            |
| Екологічність                                          | Безпечний                                                           | Наявність формальдегіду                                                        | Наявність формальдегіду                                                        | Наявність фенолу, формальдегіду, алерген                                       |
| Робоча температура, °С                                 | -150...+150                                                         | -50...+75                                                                      | -50...+70                                                                      | -80...+700                                                                     |
| Адгезія («прилипання») до будь-яких поверхонь          | Відмінна (1,5-3 кг./см.кв.)                                         | Відсутня                                                                       | Відсутня                                                                       | Відсутня                                                                       |
| Вологопоглинання, % від об'єму при 20°С за 30 діб      | До 6 (залежно від щільності ППУ)                                    | До 20                                                                          | До 20                                                                          | 100 (втрачає теплоізоляційні властивості, відновленню не підлягає)             |
| Додаткові витрати                                      | Захист від УФ-випромінювання (тільки при зовнішньому напilenні ППУ) | Додаткова гідро-, пароізоляція, елементи кріплення, герметизація швів і стиків | Додаткова гідро-, пароізоляція, елементи кріплення, герметизація швів і стиків | Додаткова гідро-, пароізоляція, елементи кріплення, герметизація швів і стиків |
| Мікроорганізми, гризуни                                | Стійкий                                                             | Нестійкий                                                                      | Нестійкий                                                                      | Нестійкий                                                                      |
| Горючість (група горіння)                              | Важкогорючий, самозатухаючий (Г2, Г3)                               | Горючий (Г4)                                                                   | Горючий (Г3-Г4)                                                                | Негорючий (Г1)                                                                 |
| Усадка при експлуатації                                | Ні                                                                  | Ні                                                                             | Ні                                                                             | Так                                                                            |
| Звукоізоляція                                          | Так                                                                 | Ні                                                                             | Ні                                                                             | Так                                                                            |
| Швидкість монтажу, м.кв./змiна                         | 100-500                                                             | 50-100                                                                         | 50-100                                                                         | 50-100                                                                         |
| Товщина покриття, для досягнення однакового ефекту, см | 5                                                                   | 8,5                                                                            | 9                                                                              | 12,5                                                                           |

Застосування пінополіуретану (ППУ) в будівництві. Його особливі якості роблять його ідеальним для цілого ряду застосувань, наприклад, для використання на фасаді та для ізоляції підлоги та даху. Ось основні сфери застосування ППУ в будівництві:

1. Теплоізоляція стін та фасадів (рис. 4). Пориста пористість (ППУ) досі використовується для утеплення зовнішніх і внутрішніх стін, а також фасадів будівель. Пінополіуретан через свою низьку теплопровідність і високу міцність є відмінним матеріалом для зменшення теплових втрат в баку. Застосування, ППУ може поставитися на ринок у вигляді спінених панелей, а також у вигляді рідкого утеплювача для наплення на стіни за допомогою спеціального обладнання для наплення. Ефективне утеплення, мінімальна товщина шару утеплювача забезпечується ППУ з максимальною ефективністю. Це допомагає зберегти корисну площу приміщення. Захист від вологи, ППУ не вбирає вологу і тим самим запобігає появі цвілі і грибка на стінах.



Рис. 4. Фото-фрагмент процесу утеплення стін

2. Утеплення даху та горища (рис. 5). Якщо вам потрібен гладкий верх, для утеплення даху немає кращого продукту, ніж ППУ, який добре з'єднується з будь-якими поверхнями, включно з об'єктами з вигинами та кривими. Пінополіуретан має високу теплоізоляційну здатність – з його допомогою можна створити ефективний бар'єр від тепловтрат і знизити навантаження на систему опалення. Застосування: безпосередньо на поверхню даху або горища, ППУ можна спінити як шар або ввести як ізоляцію. Це особливо корисно, якщо ви будете старий будинок або утеплюєте складний дах. Енергозбереження завдяки ППУ ви можете мінімізувати втрати тепла через покрівлю, а отже, скоротити витрати на опалення та кондиціонування. Захист від вологи та конденсату, завдяки своїй повітронепроникній структурі ППУ запобігає проникненню вологи, необхідний для покрівельних конструкцій.

3. Для підлог і підвалів утеплення обов'язкове (рис. 6). В якості ізоляційних шарів, що застосовуються як покриття або ізоляційних панелей під тягжу, вибір падає на ППУ піну для ізоляції підлог і підвалів. Застосування, товстий пінополіуретан, який використовується в підвалах, можна вводити у важкодоступні місця, не створюючи швів або щілин, оскільки його нанесення також відбувається вздовж підлоги або стін підвалу. На підлозі або в стінах його можна розкласти на

твердій панелі з поліуретанової піни. Покращена теплоізоляція, таким чином, пінополіуретан забезпечує будинкам хорошу теплоізоляцію підлоги в будинках з холодним підвалом або на першому поверсі теплі.



Рис. 5. Фото-фрагмент процесу утеплення горища



Рис. 6. Фото-фрагмент утеплення підлоги

4. Ізоляція трубопроводу. ППУ можна застосовувати для теплового захисту трубопроводів у зовнішніх або некондиціонованих приміщеннях, а також для захисту від замерзання при низьких температурах. Застосування, ППУ має форму рідини (або плит), яка наноситься безпосередньо на труби шляхом розпилення або у формі панелі, яку можна безпосередньо укладати навколо труб. Зменшення втрат тепла, ППУ є надійним постачальником труб, і є якісним трубним ізолятором для зменшення втрат тепла у водяних та опалювальних системах, низьких температур і запобігання промерзання в зимовий період.

5. Енергозбереження, а точніше термоконтроль вікон і дверей. ППУ також використовується з іншими застосуваннями для віконних і дверних рам і в регіонах, де потрібна висока теплоізоляція. Застосування, ППУ є універсальним і може використовуватися як герметизуючий матеріал або для заповнення пустот у віконних і дверних каркасах. Він має покращену герметичність, кладеться синтетична стінка, таким чином закриваючи всі щілини, які дозволяють теплу виходити за дверні та віконні рами. Зменшення витрат на опалення, завдяки компактності та термічному опору втрати тепла стануть меншими, і з огляду на це можна заощадити енергію.

6. Системи облицювання включають фасадні системи, також відомі як збірні панелі. В даний час ППУ використовується в фасадних системах, особливо в панельних конструкціях зі збірних панелей з високою теплоізоляцією будівель. Застосування, ППУ функціонує як частина зовнішньої стінової панелі, за допомогою якої забезпечується ефективна теплоізоляція. Облицювальний матеріал може застосовуватися також як внутрішній шар між облицювальним матеріалом і конструкцією стіни.

Наступним варіантом для утеплення приміщень є зовнішня енергія. До неї відносяться: вітрова, біомаса, сонячна. Вона може бути утворена у будівництві, як альтернативним джерелом. Розглянемо їх область застосування, позитивні та негативні сторони [8, 9].

**Вітрова енергетика** – спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або будь-яку іншу



форму енергії, зручну для використання в народному господарстві. Таке перетворення може здійснюватися такими агрегатами, як вітрогенератор (для отримання електричної енергії на вітровій електростанції), вітряк (для перетворення на механічну енергію), вітрило (для використання в транспорті) та інші (рис. 7).



а) Сакська ВЕС у Криму



б) Вітропарк в Естонії

Рис. 7. Фото-фрагмент вітрової електростанції

#### **Основна область застосування вітрової енергетики:**

- **Автономне енергопостачання:** Невеликі вітряки (вітряки) часто використовують для забезпечення електроенергією окремих будинків, мисливських угідь, рибальських станів, дач та інших об'єктів, які не підключені до міської мережі.
- **Енергопостачання для підприємств:** Великі вітрові електростанції (вітропарки) об'єднують кілька вітряків і призначені для забезпечення електроенергією промислових майданчиків, житлових комплексів та інших великих споживачів.
- **Спеціалізовані застосування:** Малопотужні установки можуть використовуватися для живлення автономних світильників на дорогах, насосів для осушення території або для водопостачання на сільськогосподарських фермах.
- **Альтернатива централізованому електропостачанню:** В місцях з нестабільним або відсутнім централізованим енергопостачанням вітряки можуть слугувати надійним джерелом енергії.
- **Акумуляування енергії:** Частину виробленої електроенергії можна запасати в акумуляторах для подальшого використання.

**Переваги вітрової енергії:** екологічно чистий вид енергії, ергономіка, енергія, що відновлюється, найкраще рішення для важкодоступних місць.

**Недоліки вітрової енергії:** нестабільність, відносно невисокий вихід електроенергії, висока вартість, небезпека дикої природи, шумове забруднення.

**Енергетика біомаси** – відноситься до органічних речовин, що зберегли в собі енергію Сонця завдяки процесу фотосинтезу. Енергія біомаси – це вид відновлюваної енергії, одержуваної з допомогою горіння органічних сполук, які можуть походити з сільськогосподарських, лісових, промислових і навіть міських відходів.

Біомаса, що використовується для виробництва біоенергії, може надходити з різних джерел. За походженням їх можна поділити на:

**Природну біомасу:** Вона походить з рослинних та тваринних матеріалів, які зустрічаються в природі без втручання людини, наприклад, із залишків лісу.

**Залишкову біомасу:** це відходи, що утворюються внаслідок діяльності людини, наприклад, сільськогосподарські, тваринницькі чи промислові відходи. Приклади включають гній чи рослинні залишки.

**Посівну біомасу:** Це джерело відноситься до енергетичних культур, що спеціально вирощуються для виробництва енергії, таких як міскантус або верби (рис. 8).



а) тюки



б) рулони

Рис. 8. Фото-фрагмент збору соломи

### **Область застосування енергії біомаси**

#### ***Теплова енергія:***

- Пряме спалювання біомаси для опалення будинків та гарячого водопостачання.
- Використання котлів на пелетах для забезпечення тепловою енергією житлових приміщень.

#### ***Електрична енергія:***

- Виробництво електроенергії на електростанціях (ТЕС, ТЕЦ).
- Виробництво електроенергії на біогазових комплексах.
- Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ).

#### ***Біопаливо:***

- Виробництво рідких біопалив, таких як етанол (з кукурудзи) або біодизель (з рослинних олій) для транспорту.
- Виробництво біометану (очищеного біогазу) для подачі в газотранспортну мережу або використання як паливо для авто.

#### ***Переваги використання біопалива:***

- **Відновлювана та невичерпна енергія:** біомаса, отримана з постійно відновлюваних органічних ресурсів, є довгостроковим стійким джерелом енергії.
- **Скорочення викидів парникових газів:** Використовуючи біологічні відходи та уловлюючи CO<sub>2</sub> у процесі виробництва цих ресурсів, біомаса значно знижує викиди вуглецю.
- **Просування економіки замкнутого циклу:** Використовуючи відходи, які були б викинуті, сприяється розвитку економіки замкнутого циклу та запобігається накопиченню відходів.
- **Економічність:** У порівнянні з ископним паливом вартість біомаси набагато нижча, що робить її доступним варіантом для багатьох спільнот.

#### ***Недоліки використання біопалива:***

*Низька енергоефективність:* Деякі типи біомаси мають відносно низьку щільність енергії, а це означає, що для достатньої кількості енергії потрібна велика кількість матеріалу.

- *Витрати на інфраструктуру:* Початкова вартість установки спеціалізованих переробних заводів та котлів є високою, що може стати перешкодою для масового впровадження.

*Вплив на навколишнє середовище:* Хоча біомаса є відновлюваною, її надмірна експлуатація та безвідповідальне використання можуть призвести до вирубування лісів та вплинути на місцеві екосистеми.

**Сонячна енергетика** - напрямок альтернативної енергетики, заснований на використанні енергії сонячного випромінювання (рис. 9).

Сонячна енергетика використовує Сонце, що відновлюється джерело енергії, і є «екологічно чистою», тобто не виробляє шкідливих відходів під час активної фази використання.

В Україні історично створені сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики: кліматичні умови; науково-технічний та технологічний потенціал.

*Переваги сонячної енергетики:*

Перспективність, доступність та невичерпність джерела енергії в умовах постійного зростання цін на традиційні види енергоносіїв.



Рис. 9. Фото-фрагмент сонячної енергії

- Теоретично повна безпека для навколишнього середовища, хоча існує ймовірність того, що повсюдне впровадження сонячної енергетики може змінити альбедо (характеристику відбивної (розсіючої) здатності) земної поверхні та призвести до зміни клімату.

*Недоліки сонячної енергетики:* Залежність від погоди та часу доби. Сезонність у середніх широтах та розбіжність періодів вироблення енергії та потреби в енергії; нерентабельність у високих широтах; необхідність акумуляції енергії.

- При промисловому виробництві – необхідність дублювання сонячних енергетичних установок традиційними.

- Висока вартість конструкції, пов'язана із застосуванням рідкісних елементів (наприклад, індій та телуру).

- Необхідність періодичного очищення, що відображає/поглинає поверхню від забруднення.

- Нагрів атмосфери над електростанцією; необхідність використання великих площ; старіння фотоелементів.

- Складність виробництва та утилізації самих фотоелементів у зв'язку із вмістом у них отруйних речовин, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як тощо.

Через низьку ефективність перетворення сонячної енергії на електрику (к. п. буд. трохи більше 30%) більшість сонячної енергії йдуть на нагрівання сонячних батарей.

Для порівняння цих систем розглянемо деякі показники (табл. 2).

*Таблиця 2*

**Порівняльні показники енергетики**

| <b>Показники</b>                                    | <b>Од.<br/>вим</b> | <b>Вітрова</b>                                                                                   | <b>Біомаса</b>                                                                                                                            | <b>Сонячна</b>                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Параметри приладів                                  | м                  | 126 - 136                                                                                        | 1,910x0,652x0,767                                                                                                                         | 1,75x0,4                                                                                                  |
| потужність                                          | МВт                | 200                                                                                              | 0,24 – 3,1                                                                                                                                | 0,1                                                                                                       |
| обладнана турбінами Vestas                          | шт                 | 64                                                                                               | -                                                                                                                                         | -                                                                                                         |
| Тривалість горіння повного завантаження палива, тах | час                | -                                                                                                | 16-96                                                                                                                                     | -                                                                                                         |
| Опалювана площа                                     | м <sup>2</sup>     | 200000                                                                                           | 150-450                                                                                                                                   | 8                                                                                                         |
| Знижуються викиди в шкідливих вуглеців в атмосферу  | т                  | 730                                                                                              | -                                                                                                                                         | 1000                                                                                                      |
| Топливо                                             |                    | вітер                                                                                            | відходи 23 млн т н.е./рік.                                                                                                                | сонце                                                                                                     |
| Час монтажу                                         |                    | Кілька місяців                                                                                   | 3 дня                                                                                                                                     | 3 – 5 дня                                                                                                 |
| Переваги                                            |                    | Відсутність палива, нульові викиди під час роботи, висока потужність на промислових ВЕС.         | Вуглецева нейтральність (при стійкому управлінні), можливість зберігання та постійної генерації (базова потужність), утилізація відходів. | Відсутність палива, нульові викиди під час роботи, масштабованість (від калькулятора до СЕС), тиха робота |
| Недоліки                                            |                    | Уривчастість (працює за наявності вітру), шум, візуальне забруднення, вимагає значного простору. | Викиди при спалюванні (хоч і "нейтральні" за СО <sub>2</sub> ), потребує логістики палива, потенціалу нестійкого використання.            | Уривчастість (працює лише вдень), вимагає площі, ефективність залежить від погоди.                        |
| Застосування                                        |                    | Лише виробництво електрики.                                                                      | Опалення (котли), виробництво електроенергії на ТЕС, біопаливо для транспорту.                                                            | Електрика (ФЕС), нагрівання води (колектори), пасивне опалення.                                           |
| Термін експлуатації                                 | рік                | 20                                                                                               | 10                                                                                                                                        | 25                                                                                                        |
| Вартість, від                                       | грн                | 100000                                                                                           | 594,81                                                                                                                                    | 195000                                                                                                    |

### **Висновки:**

На основі літературних джерел та фактичного досліджень пінополіуретан є одним з найсучасніших та ефективніших матеріалів, який забезпечує теплоізоляцію, на ринку України.

У приватному житловому будівництві функціонал значно ширший, адже він застосовується для утеплення стін, дахів, підлог, а також створення герметичних і довговічних теплоізоляційних шарів. Це робить його оптимальним вибором для енергоефективного та комфортного будівництва.

Розглянуті технології забезпечують енергоефективністю будівель та споруд, двома напрямками: пасивним - енергозбереження (зменшення втрат) та активним - виробництво енергії (використання поновлюваних джерел: вітру, біомас, сонця).

Тому технології пропонують інтегрований підхід: спершу - зберігаємо енергію за допомогою сучасних матеріалів, а потім виробляємо необхідну енергію з природних джерел. Такий комплексний підхід є основою для досягнення енергонезалежності, економічної ефективності збільшення строку служби будівель та споруд та розвитку новітніх технологій у будівництві.

### **Список літератури:**

1. Галушко В.О. Шляхи підвищення надійності та довговічності житлових будинків: монографія. Запоріжжя: КПУ, 2008. 228 с.
2. Лівінський О.М., Євтушенко В.А. Технічне обстеження та енергоаудит будинків і споруд. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2010. №2 (9). С. 159-170.
3. Пат. 70590 Україна, МПК (2012.01), F24D 15/00, F24D 3/02 (2006.01). Індивідуальний тепловий пункт./ А. А. Долінський, Б. І. Басок, О.М. Лисенко, А.О. Авраменко, А.Р. Коба, А.І. Тесля, М.А. Хибина; заявник та власник Інститут технічної теплофізики НАН України. № у 201109780; заявл. 08.08.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12. 3 с.
4. Саницький М.А., Позняк О.Р., Марущак У.Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посіб. 2-ге вид. випр. Львів: Львів. політехніка, 2013. 236 с.
5. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. Вид. офіц. Київ, 2022. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98995](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98995)
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ, 2022. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98037](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037)
7. Довбиш А.В., Згура В.І., Хом'як Я.І., Пресняк І.С., Новак Д.С. Полімерні теплоізоляційні матеріали та їх пожежна небезпека. Застосування методів випробувань. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2009. № 2. С. 68-75.
8. Что лучше – ветрогенератор или солнечная батарея? URL: <https://www.solargarden.com.ua/ru/chto-luchshe-vetrogenerator-yl-y-solnechnaya-batareya/>
9. Котлы на биотопливе, биомассе. Котлы на соломе. URL: <https://kotel-na-drovah.com.ua/toplivo/kotli-na-biotoplive-biomasse-kotli-na-solome-id7.html>
10. Tewarson A. Flammability of Polymers and Organic Liquids -Part I – Burning Intensity. Technical Report 22429, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA, 1975. 67 p.

11. Дешко В.І., Буяк Н.А., Білоус І.Ю. Вибір теплового захисту та джерела тепла із врахуванням комфортних умов у будівлі. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2015. № 5. С. 71-80. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdn\\_2015\\_5\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdn_2015_5_11)

12. Бабій І.М., Борисов О.О., Кучеренко Л.В., Олійник Н.В. Аналіз факторів, що впливають на терміни утеплення фасадів багатоповерхових будівель. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2021. №2 (31). С.32-36.

13. Менейлюк О.І., Бабій І.М., Бочорішвілі Г.Д., Бочевар К.І. Матеріали та технології ізоляційних робіт в будівництві: монографія. Одеса: Вид-во ФОП Бондаренко М.О., 2020. 492 с.

**Valentyna HALUSHKO, Liliya KUCHERENKO, Ihor BABII, Danylo PAPUSHA**  
***Modern technologies for energy independence: from passive (insulation) to active sources (wind, biomass, sun)***

*During operation, all buildings and structures must be sufficiently reliable and provide protection for people, tools and equipment from various natural phenomena. Energy efficiency is also important in operating conditions.*

*During the global rise in energy prices and the need to reduce environmental impact, the key areas for ensuring energy efficiency are high-quality thermal insulation of buildings and the use of external renewable energy sources.*

*One such material is polyurethane foam (PUF). It is a highly efficient synthetic thermal insulation material with the lowest thermal conductivity coefficient among common insulation materials. It ensures the creation of a monolithic, seamless and hermetic thermal insulation contour when sprayed, which is critically important for minimizing heat loss in buildings. The use of PU foam guarantees structural durability, moisture resistance, and chemical inertness, significantly reducing heating and air conditioning costs in the long term.*

*The next option for insulating spaces is external energy. These include: wind, biomass, and solar. Solar energy: Converted into electricity (photovoltaic installations) or heat (solar collectors) without burning fuel or direct emissions. It is a clean, scalable energy source whose efficiency depends on weather conditions and time of day.*

*Wind power: Uses the kinetic energy of air to generate electricity with zero operational emissions. Wind turbines are a powerful device for generating electricity.*

*Biomass: Energy derived from organic materials. When managed sustainably, it is considered a carbon-neutral source, allowing for fuel conservation and sustainable energy generation.*

*The considered options make it possible, on the one hand, to minimize energy needs by using high-quality insulation materials, such as polyurethane foam, and on the other hand, to replace traditional fuel sources with clean and renewable ones - solar, wind, and biomass energy.*

**Keywords: energy efficiency, building materials, thermal insulation, environmental friendliness, heat loss.**