

Вячеслав ХАВРУСЬ, Андрій ТРИПІЛЬСЬКИЙ  
Інститут фізичної хімії імені Л.В.Писаржевського НАН України

# **ЯК ВИЖИТИ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ**

## **Вступ**

Розвиток людської цивілізації разом зі зростаючими темпами виробництва призвів планету до стану, коли кількість запасів багатьох корисних копалин менша вже спожитої [1]. Останній тривожний сигнал про майбутнє планети надійшов 9 жовтня 2006 року, коли дослідницький центр США Global Footprint Network установив факт «екологічного дебіту», тобто мешканці Землі споживають більше ресурсів, ніж планета може виробити [2]. За деякими оцінками [1], до 2020 року буде видобута вся наявна на планеті нафта, до середини нинішнього століття очікується вичерпання природного газу, і лиш запасів вугілля вистачить на понад 100 років. Перші ознаки нафтової кризи вже проявляються сьогодні, про що свідчить різке зростання ціни на сиру нафту з рівня не вище 30 доларів/барель в 2003 році до 60–70 доларів/барель на сьогоднішній час [3]. Очевидно, що в умовах зростання цін на паливо, в першу чергу і найбільше постраждають найбільш бідні країни, до яких слід віднести і Україну [4].

Крім економічних аспектів майбутньої паливної кризи, слід розглядати також набагато істотніші екологічні проблеми, викликані спалюванням вуглецевмісних природних копалин. Внаслідок накопичення в атмосфері вуглекислого газу відбувається поглиблення парникового ефекту на планеті, свідченням чого є аномально теплі зими останніх років. Фактично, спалюючи накопичену протягом сотень мільйонів років органічну сировину, людство повертає планету до стану, в якому вона була на момент зародження життя на Землі.

Виходячи з неминучості енергетичної кризи в найближчі кілька десятків років та викликаного нею поглиблення екологічних та економічних проблем, вже сьогодні необхідно впроваджувати відповідні рішення як на державному рівні, так і в приватному секторі. В цій статті у відповідних розділах розглянуті деякі практичні шляхи, які варто почати застосовувати на території України. На думку авторів, це дозволить в перспективі послабити залежність України від імпортованих енергетичних ресурсів, поліпшити екологію та сприяти розвитку малого бізнесу в глибинці України.

### Пасивний сонячний обігрів приміщень

Енергія Сонця є джерелом життя на нашій планеті. Сонце нагріває атмосферу та поверхню Землі. Поза атмосферою планети на кожен  $1\text{ м}^2$  поверхні, перпендикулярно орієнтованої до напрямку променів Сонця, припадає близько  $1366\text{ Вт}$  електромагнітного випромінювання. Реальне значення на поверхні планети залежить від шляху, пройденого сонячними променями в атмосфері та кута нахилу поверхні, де відбувається поглинання енергії. В сонячний зимовий день внаслідок проходження великої товщі атмосфери це значення не перевищує  $500\text{--}600\text{ Вт}$ , влітку ж завдяки значно коротшому шляху воно може сягати  $1\text{ кВт}$  [3].

Значення потоку енергії, який припадає на одиницю поверхні, залежить від кута  $\varphi$  між нею та напрямком розповсюдження сонячних променів:

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \theta, \quad (1)$$

звідки випливає, що при зменшенні кута від  $90^\circ$  до  $0^\circ$  потік зменшуватиметься від максимального значення  $\Phi_{\max}$  до нуля. Кут  $\theta$  періодично

змінюється як внаслідок постійного обертання Землі довкола власної осі, так і довкола Сонця по орбіті, близькій до кругової. Вісь власного обертання Землі постійно нахилена до нормалі площини обертання Землі довкола Сонця під кутом  $\alpha = 23^\circ 27'$ . Як наслідок, в певному положенні північний полюс Землі максимально нахилений до Сонця, де спостерігається літнє сонцестояння, в той час як південний — максимально віддалений від нього. Через півроку ситуація змінюється на протилежну з настанням в північній півкулі зимового сонцестояння. Відповідні дані наведені на рис. 1. Аналіз кута між горизонтальною поверхнею та напрямком поширення променів Сонця в zenіті в моменти літнього та зимового сонцестояння показує, що він залежить від географічної широти  $\varphi$  місцевості, яка розглядається. З аналізу даних рис. 1 випливає, що найнижча висота Сонця в zenіті над горизонтальною поверхнею на широті  $\varphi$  становить  $90^\circ - \varphi - \alpha$  для зимового сонцестояння, а найвища —  $90^\circ - \varphi + \alpha$  для літнього сонцестояння.

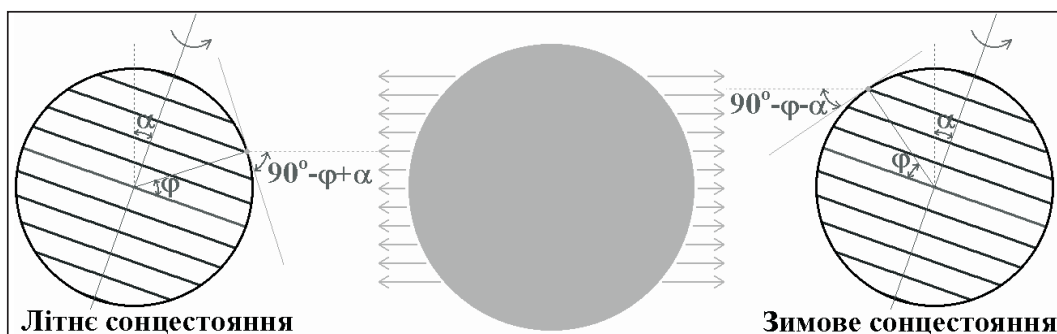


Рис. 1. Залежність кута між горизонтальною площиною на поверхні Землі на широті  $\varphi$  та напрямком до Сонця в zenіті від пори року: зліва — літнє сонцестояння, праворуч — зимове сонцестояння.  $\alpha$  — кут між віссю власного обертання Землі та нормаллю до площини її обертання довкола Сонця

Територія України розташована в поясі широт  $44\div 52^\circ$ , м. Львів — на широті поблизу  $50^\circ$  (точне значення  $49^\circ 49'$ ). Відповідно, для Львова висота Сонця в zenіті становить близько  $17^\circ$  під час зимового сонцестояння та  $64^\circ$  — літнього. При незмінному  $\Phi_{\max}$  в (1) це відповідає приблизно потрійному перевищенню потоку тепла опівдні в момент літнього сонцестояння порівняно з зимовим. В зв'язку з цим постає задача максималізації споживання тепла природного освітлення в зимову пору року, коли надходження тепла від Сонця мінімальне.

Найпростіший в конструктивному вирішенні шлях до цього — розташувати освітлену променями Сонця поверхню вертикально по напрямку схід-захід. В цьому випадку кут між нею та напрямком до Сонця в zenіті становитиме  $\varphi + \alpha$  (для Львова —  $73^\circ$ ) для зимового сонцестояння та  $\varphi - \alpha$  (для Львова —  $26^\circ$ ) — літнього. Одержані значення кутів вказують на те, що взимку в сонячний день з відповідним чином розташованої вертикальної поверхні теоретично можна

одержувати потужність в понад 3 рази вищу, ніж з горизонтальної.

Наведені вище оціночні розрахунки підтверджують доцільність орієнтації будинків до півдня, що широко застосовувалось в будівництві приватного житла в Україні до початку 20-го століття. Проведені нами спостереження вказують на те, що переважна більшість «теплих хат» на території України до часів індустріалізації будувалася з врахуванням наступних вимог, які забезпечували максимальне споживання сонячного тепла в зимовий час:

1. Будинок розташовували довгою стороною по напрямку схід-захід.

2. Більшість вікон в будинках розташовували з південного боку, невелику кількість по напрямках на схід та захід, з північного боку кількість вікон була мінімальна або їх узагалі не було. Такий підхід забезпечував додатковий обігрів приміщень в зимовий час через південні вікна та мінімальну втрату тепла через північні.

3. Для багатьох будинків минулого є традиційною наявність піддашки — суттєвого виносу даху з півден-



Рис.2. Застосування піддашків, характерних для українського будівництва минулих століть, як компонентів енергозбереження одноповерхових приватних будинків. Ліворуч: схема будинку з піддашком вздовж довшої частини будинку, орієнтованої на південь. Праворуч (рис. взято з [5]): хата в Новосанжарському районі Полтавської області

ного боку. Це дозволяло в зимовий час утруднити розсіювання тепла з південної стіни будинку внаслідок конвекції, чим зберегти тепло всередині приміщення. Влітку така конструкція забезпечувала прохолоду в приміщенні внаслідок затінення піддашком південної стіни будинку. Відповідні дані наведені на рис.2.

Слід зауважити, що наведені вимоги сьогодні забуті та практично не враховуються в сучасному приватному будівництві, а тепловий обігрів приміщень здійснюється лише за рахунок спалювання вуглецевмісних природних копалин.

Крім відповідної орієнтації будинків для споживання сонячного тепла через вікна будинків, варто розглянути його споживання відповідними пристроями на стінах між вікнами. Широко відомим таким пристроєм є стіна Тромба, в якій сонячна радіація поглинається вертикальною, оберненою на південь бетонною стіною під склом. Тепле повітря, розташоване між ними, надходить через отвори в житлове приміщення та розподіляється шляхом природної конвекції. Однак, недоліком такої стіни є те, що в морозні дні система матиме високі втрати через скло, яке контактує з теплим повітрям, а також існує можливість охолодження приміщення в нічний час внаслідок зворотного потоку повітря. З метою запобігання таким втратам нами пропонується модифікація стіни Тромба, відповідні дані наведені на рис.3. Головною відмінністю нашої схеми є наявність в прошарку між стіною 1 та склом 4 пофарбованої в чорний колір металевої пластини 3 з термopарою 5, підключеною до системи регулювання 6. Під час поглинання сонячного випромінювання відбувається нагрів металевої пластини 3, температура якої визначається термopарою 5. При досягненні певної температури, регулятор вмикає вентилятор 7 для обдування пластини 3 холодним повітрям, розташованим внизу приміщення. Прогріте повітря надходить через верхній циліндричний отвір 2, розташований вгорі стіни. Коли температура пластини падає нижче заданої, вентилятор 7 відключається та потік повітря з приміщення припиняється. Для зниження втрат через теплове випромінювання в конструкції, як

ромінювання відбувається нагрів металевої пластини 3, температура якої визначається термopарою 5. При досягненні певної температури, регулятор вмикає вентилятор 7 для обдування пластини 3 холодним повітрям, розташованим внизу приміщення. Прогріте повітря надходить через верхній циліндричний отвір 2, розташований вгорі стіни. Коли температура пластини падає нижче заданої, вентилятор 7 відключається та потік повітря з приміщення припиняється. Для зниження втрат через теплове випромінювання в конструкції, як

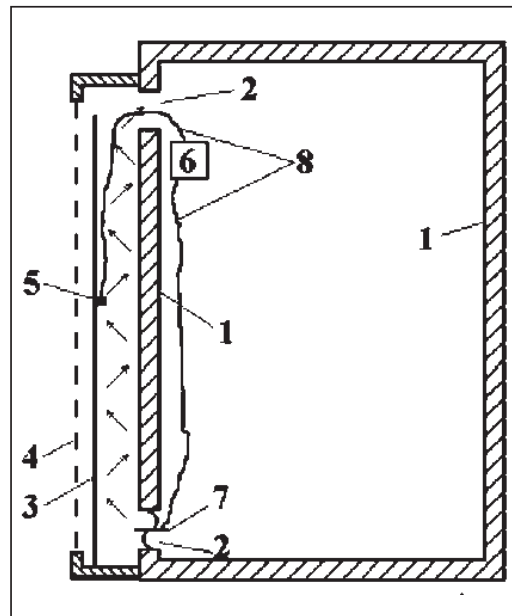


Рис.3. Принципова технологічна схема автоматичного регулювання пасивної системи сонячного опалення (на основі стіни Тромба): 1 — масивна стіна приміщення; 2 — циліндричний отвір в стіні; 3 — світлопоглинаюча металева пластина; 4 — скло; 5 — термopара для визначення температури металевої поверхні; 6 — терморегулятор; 7 — вентилятор для нагнітання повітря з приміщення в простір між металевою пластинкою та стіною приміщення; 8 — з'єднувальні дроти

і вікнах будинку, варто передбачити використання селективного скла 4, яке є прозорим для сонячного випромінювання в одному напрямку та непрозорим для теплового в зворотному.

Перевагою такої системи є відсутність контакту нагрітого від металевої поверхні 3 повітря зі склом 4,

що знижує втрати тепла, а також наявність додаткового утеплення стіни будинку елементами схеми. Зауважимо, що пасивний сонячний обігрів приміщень може бути лише суттєвим доповненням до традиційних способів опалення, а не їх заміною.

### **Вітрова енергетика**

Аналіз наявних в Україні пропозицій вітрових систем для приватного споживача вказує на слабкий розвиток ринку та високі ціни. Вартість типової установки потужністю 1–1.5 кВт, які можна одержати лише при номінальній потужності вітру (10 м/с), становить 2–3 тис. євро. При цьому вартість генератора з орієнтовним строком служби 20 років становить близько половини вартості установки, решта вартості припадає на конвертер та акумулятори. Строк служби акумуляторів не перевищує 3–4 роки, що робить вироблену таким шляхом електроенергію не вигідною принаймні до здешевлення установки вдвічі.

Для широкого застосування вітроустановок в приватних господарствах пропонуємо наступні заходи:

1. Налагодження виробництва та випуску вітроустановок на основі на-

явних сьогодні зразків без конвертерів та акумуляторів. Одержана «брудна» електроенергія має бути спрямована безпосередньо на спеціально розроблені електричні обігрівачі всередині приміщень, які є основними споживачами згенерованої енергії;

2. За потреби, запропонований в попередньому пункті підхід можна модифікувати, спрямовуючи надлишок електроенергії на електроліз водного розчину з метою одержання водню. Одержаний водень зберігається в газгольдері об'ємом кілька кубометрів та дозволяє одержувати з кожного 1 м<sup>3</sup> газу близько 3 кВт-год тепла як для приготування їжі, так і для обігріву приміщень паливними комірками при безвітряній погоді. Такий підхід передбачає дотримання відповідних заходів безпеки при роботі з воднем.

### **Розв'язання транспортних проблем шляхом розвитку велосипедного сполучення**

Автомобільний транспорт є великим споживачем рідкого палива та відповідно першорядним забруднювачем навколишнього середовища у великих містах. З настанням енергетичної кризи виникне проблема пересування громадян всередині міст. Тому в ході планування та будівництва нових районів, а також реконструкції старих, треба пе-

редбачити створення розвиненої мережі велосипедних доріжок та стоянок для велосипедів, подібно до того, як це робиться в Німеччині. Це дасть змогу одночасно вирішити кілька проблем: поліпшення екологічної ситуації, зниження навантаження на громадський транспорт, зменшення кількості автомобілів на дорогах тощо.

### Відновлення лісів

В умовах скорочення сільськогосподарського виробництва в Україні вивільнюються великі площі, придатні для насадження лісів з метою заміщення деревиною через 20–30 років імпортованих джерел енергії. Такий підхід поруч з відсутністю затрат на щорічну обробку орних земель має кілька суттєвих переваг для майбутнього України:

1. Деревину можна використовувати

не лише шляхом спалювання для обігріву приміщень, а й як хімічну сировину, в тому числі для синтезу рідкого палива;

2. Деревина є якісним екологічно чистим будівельним матеріалом;

3. В лісових зонах можна очікувати суттєвого поліпшення екологічної ситуації, додатковою перевагою чого може стати розвиток «зеленого туризму».

### Впровадження навчального курсу «Відновлювана енергетика»

Зазначені вище заходи, хоч і є доволі простими, але вони мають бути відомі та почати використовуватись великою кількістю людей. Саме тому слід впровадити для викладання в школі курс «Відновлювана енергетика». За основу такого курсу можна взяти ма-

теріали дистанційного навчання DIERET [3]. Технології Інтернет відкривають широкий доступ до матеріалів, виданих наприкінці минулого століття, актуальність застосування яких щодня зростає [3, 6–10].

### Перелік посилань

1. О.В.Крылов. Ограниченность ресурсов как причина предстоящего кризиса // Вестник Российской Академии наук, том 70, № 2, 2000 г., с. 136–146.
2. Див. напр. повідомлення Майдан-ІНФОРМ «Планета Земля впевнено крокує до самознищення». Постійна адреса в Інтернеті — <http://maidan.org.ua/static/news/2006/1161796047.html>
3. Emil Bedi, Gunnar Boye Olesen, and Raymond Myles DIERET (Distant Internet Education on Renewable Energy Technologies). Адреса в Інтернеті — <http://www.inforse.org/europe/dieret/>. Російською мовою курс доступний за адресою: <http://www.ecomuseum.kz/dieret/htm1>
4. Див. напр. повідомлення Майдан-ІНФОРМ «Блер закликав до термінових заходів проти потепління». Постійна адреса в Інтернеті <http://maidan.org.ua/static/news/2006/1162247586.html>
5. В.П.Самойлович Українське народне житло (кінець XIX–початок XX ст.). — К., Наукова думка, 1972. — 24 с. Адреса в Інтернеті — <http://www.hllab.dp.ua/Store/texts/jitlo/bud.htm>
6. П.Р.Сабади. Солнечный дом: Пер. с англ. Н.Б.Гладковой — М., Стройиздат, 1981. — 114 с.
7. Я.И.Шефтер. Использование энергии ветра. — М., Энергоатомиздат, 1983. — 200 с.
8. Под ред. Э.В.Сарнацкого, С.А.Чистовича. Системы солнечного тепло- и хладо-снабжения. — М., Стройиздат, 1990. — 324 с.
9. В.Д.Левенберг. Энергетические установки без топлива. — Л., Судостроение, 1987. — 104 с.
10. Н.В.Харченко. Индивидуальные солнечные установки. — М., Энергоатомиздат, 1991. — 208 с.