

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО БУДИНКУ ТИПУ «НУЛЬ ЕНЕРГІЇ»

Долінський А.А., Басок Б.І., Недбайло О.М., Беляєва Т.Г.,  
Хибина М.А., Ткаченко М.В., Новіцька М.П.

Інститут технічної теплофізики НАН України  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** Представлено концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії».

**АННОТАЦИЯ:** Представлены концептуальные основы создания экспериментального энергоэффективного дома типа «нуль энергии».

**ABSTRACT:** The conceptual basis of the development of the experimental net-zero energy building is presented.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** відновлювана енергія, енергоефективний дім, енергозбереження, пасивний дім, дім «нуль енергії».

Аналіз втрат теплової енергії, за даними МЖКГ України, показує, що найбільші втрати спостерігаються при експлуатації житлових будинків – 30...45% (на котельних – 15%, на зовнішніх теплових мережах – 15...25%). У стандартному будинку тепловтрати розподіляються наступним чином: через зовнішні стіни – 26%, вікна та двері – 35%, дах – 26%, підлога – 10%. Одним з шляхів комплексного вирішення проблеми енергозбереження являється будівництво енергоефективних, пасивних будівель, будинків «нуль енергії».

Технологію «пасивний дім» було винайдено німецьким будівельним фізиком, професором В. Файстом в процесі розрахунків енергетичних балансів будівель. У 1991 році був побудований перший будинок пасивного типу в Німеччині (м. Дармштадт, енергетичні потреби будинку складають 10 кВт·год/м<sup>2</sup> за рік).

У 1998 році був збудований перший пасивний будинок в Австрії. Станом на 2010 у світі побудовано 25 тисяч пасивних будинків, майже в усіх країнах Європи, включаючи Польщу, Чехію, Угорщину, Словаччину, Росію. З них, наприклад, в Німеччині - 10 тисяч. Сьогодні пасивний будинок для Німеччини це відомий і визнаний стандарт. Для будівництва будинків, що фінансується державою, стандарт пасивного будівництва є єдиним допустимим стандартом. Пасивним будинком можна називати лише будівельну споруду, що відповідає єдиним критеріям, встановленим Інститутом пасивного будинку Дармштадт (PHI Darmstadt) [1].

Для стандарту будинку пасивного типу зазначимо два основні принципи функціонування будинку:

- 1) уникнення неконтрольованих витрат тепла;

2) збереження та ощадливе використання наявної енергії.

Основне джерело пасивного отримання енергії це сонце. Крім того, енергія поступає від внутрішніх джерел: приладів, людей, електричного освітлення. Основні параметри, що характеризують пасивний будинок:

1) пасивний дім споживає на 90 % менше енергії, ніж звичайний будинок, тобто 15 кВт·год/м<sup>2</sup> у рік;

2) сумарне споживання первісної енергії (наприклад, на підігрів води, електричний струм і т. ін.) - максимум 120 кВт·год/м<sup>2</sup> у рік;

3) герметичність будівлі на рівні n50 max 0,6 год-1.

Прагнення досягти економії енергоносіїв органічного походження при зменшенні впливу на довкілля в умовах глобального потепління спонукає до пошуків нових підходів у будівництві, до яких можна віднести проектування та створення будинків «нуль енергії» («a zero-energy building», «a zero net energy (ZNE) building», «net-zero energy building (NZEB)» або «net zero building»). Будинок «нуль енергії» - це повна автономність і незалежність від централізованих енергетичних мереж при створенні належного рівня комфорту проживання та праці. При цьому забруднення навколишнього середовища викидами CO<sub>2</sub> мінімізується або відсутнє. За сприяння Міжнародного енергетичного агентства (IEA) в рамках виконання дослідної програми «На шляху до сонячних будинків «нуль енергії» створений список і карта будинків, які можуть бути віднесені до будинків «нуль енергії» [2]. Серед представлених об'єктів перша в історії Антарктиди науково-дослідна "zero emission" станція (Princess Elisabeth Antarctica research hub). Енергія для потреб станції виробляється сонячними панелями, тепловими і фотовольтаїчними, та 9-ма вітровими агрегатами. При будівництві станції поєднані існуючі новітні технології: пасивне будівництво, використання відновлювальних джерел енергії, Smart Grid технології, глибока очистка води. Перший у світі готель на 80 номерів з нульовим енергетичним балансом знаходиться у Австрії (Boutiquehotel Stadthalle, Wien). Цікавим є досвід, щодо канадських житлових будинків «нуль енергії», які розташовані на півночі країни (Едмонтон, Альберта). Безперечною перлиною цієї колекції є самий великий у світі (71 поверх, 309 м) хмарочос з нульовим енергетичним балансом і мінімальною кількістю шкідливих викидів у довкілля – Pearl River Tower, Гуанчжоу, Китай. Це приклад поєднання екологічно раціонального проектування, «зелених технологій» і новітніх інженерних досягнень. Конструкція будинку включає в себе вбудовані вітрові турбіни, сонячні колектори, панелі фотовольтаїки, стінову завісу. Розрахунковий строк окупності становить 4,8 року.

В рамках виконання науково-дослідної роботи «Створення експериментального енергоефективного будинку пасивного типу» (за Договором №ДЗ/501-2011 від 29 вересня 2011 р. з Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації України) авторами була розроблена концепція щодо створення експериментального енергоефективного будинку пасивного типу. Основні її положення:

а) будинок створюється, як науково-технічна технологічна теплофізична лабораторія;

б) ланцюжок послідовної реалізації, з урахуванням перспективного розвитку: будинок високої енергоефективності (75 кВт·год/м<sup>2</sup> в рік) → пасивний будинок (15 кВт·год /м<sup>2</sup> в рік) → будинок «нуль теплової енергії» → будинок «нуль теплової» та «нуль електричної енергії» → Smart-Grid-0-Energy будинок («розумний будинок нуль енергії»);

в) використовуються відновлювальна екологічно чиста енергія довкілля і перспективні технології автоматизації та інформатизації;

г) будинок будується, як будинок полегшеного типу без втрат міцності (полегшені стіни; полегшені плити перекриття), реалізуються різноваріантні схеми утеплення

огороджувальних конструкцій з використанням вітчизняних будівельних матеріалів. Кожна зовнішня стіна кожної кімнати будинку будується з різного будматеріалу, зокрема, використовуються: керамічна дірчаста цегла, пінобетон, газобетон, ракушняк, дерево, пінопластові блоки, гіпсоблоки, тирсоблоки, керамічні блоки. Внутрішній матеріал стіни - великої теплоємності, зовнішній - малої. Для утеплення застосовуються різноманітні зовнішні утеплювачі (товщиною 20...25 см) з метою досягнення максимально можливої ізоляції експериментальної будівлі. На даху використовуються конструкції типу каркасна стіна, панельна стіна. Вікна будівлі - різноваріантні енергоефективні: сучасні багатокамерні склопакети з енергоефективними покриттями скла та заповненням міжскляних камер інертним газом.

**Особливості конструкції будинку:**

- цокольний тип (заглиблення в ґрунт до 2,0...2,5 м);
- витягнутість з півночі на південь;
- майже односкатний дах на південь під кутом  $30^{\circ}$ ... $35^{\circ}$ ;
- на північній стороні - без вікон і без дверей;
- основний вхід через тамбурну прибудову;
- тепло- (холодо-) вентиляційний захист даху, північного частини південного фасадів. На рис. 1 представлений загальний схематичний вигляд експериментального будинку.

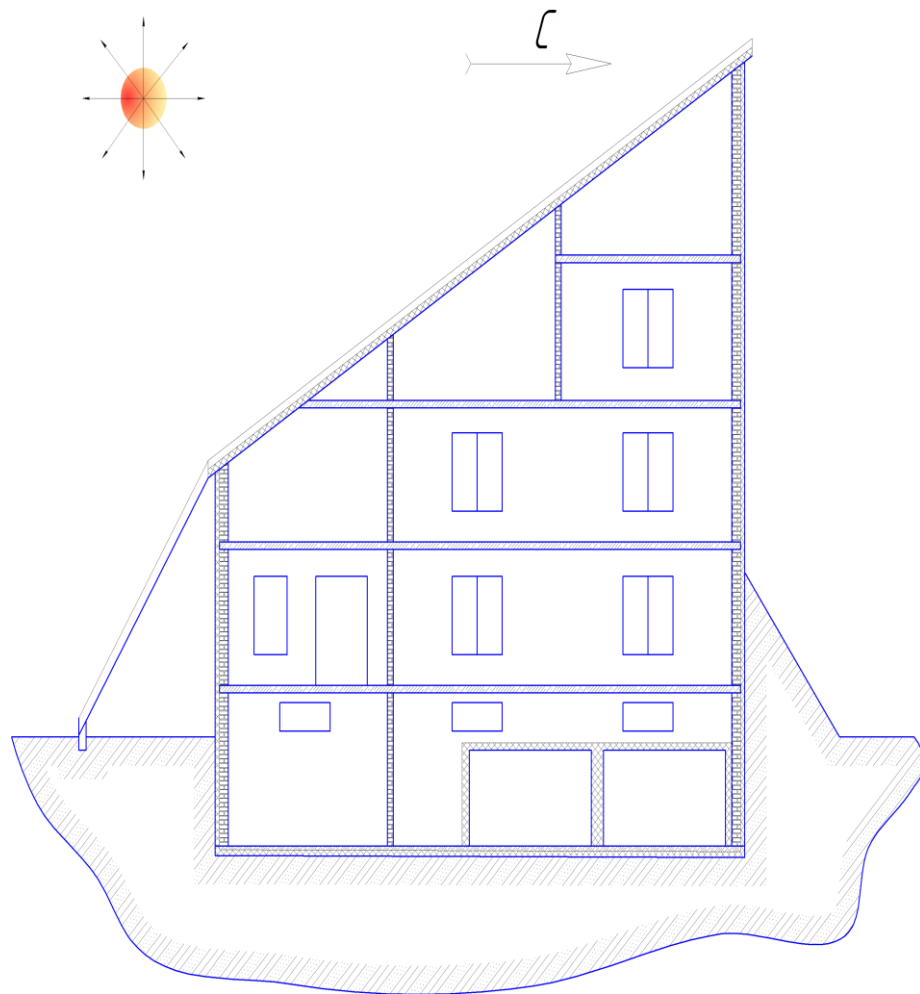


Рис. 1. Експериментальний будинок пасивного типу (ІТТФ НАНУ)

Для теплозабезпечення будинку створюється комбінована система енергоресурсозабезпечення, при реалізації якої експериментальний пасивний будинок за своїми характеристиками наближається до будинку «нуль енергії». Комбінована система це полівалентна комплексна система автономного і автоматичного ресурсозабезпечення експериментального будинку (в перспективі – із дистанційним контролем, моніторингом і управлінням) складається з:

- 1) теплозабезпечення (опалення, гаряче водопостачання);
- 2) електропостачання;
- 3) кондиціонування;
- 4) вентиляції;
- 5) водопостачання;
- 6) водовідведення (каналізація);
- 7) теплової захисної завіси стін.

Враховуючи те, що експериментальний будинок є науково-технічною та технологічною теплофізичною лабораторією, автори прагнуть використати якнайбільше джерел для ресурсозабезпечення будівлі, впровадити різноманітні сучасні системи що використовують поновлювальні і альтернативні джерела енергії. При цьому велика увага приділяється створенню розгалуженої автоматизованої вимірювальної системи. Вимірювальна система включає різноманітні автоматизовані неперервні вимірювання полів температур, теплових потоків, вологості, тиску, витрат повітря, витрат води, витрат теплової енергії, зовнішніх кліматичних параметрів. Датчики та вимірювальні прилади розташовуються в будівельних конструкціях, в приміщеннях, в навколишньому ґрунті та повітрі.

#### **Первинні джерела енергії**

В якості поновлюваних джерел енергії використовуються:

1. Енергія сонячного випромінювання (як прямого, так і розсіяного).
2. Енергія вітру.
3. Енергія спалювання твердого біопалива для резервного або аварійного теплопостачання (дрова, пілети деревні, рослинні та із лузги злаків).

В якості альтернативних джерел енергії використовуються:

1. Теплова енергія, що в літній період спеціально акумулюється в ґрунтовому масиві.
2. Теплова енергія природного ґрунту.
3. Теплова енергія повітря.
4. Теплова енергія води в водозабірній свердловині.
5. Утилізаційна теплова енергія відхідних димових газів (камінів, котла та/або когенераційної мініустановки).

#### **Теплозабезпечення**

Головні складові полівалентної системи теплозабезпечення експериментального будинку:

1. Використання теплового насосу типу «вода-вода» необхідної потужності (6 кВт, або 12 кВт) і ґрунтових теплообмінників та ґрунтових акумуляторів теплоти (сезонних повітряних, водяних та змішаного повітря-водяного, двох добових, що в підвалі; одного сезонно-добового, що на вулиці; одного сезонного, що складається із 7 свердловин (кущ); двох круглорічних, що в водозабірній свердловині і колодязі [3]-[6];
2. Використання сонячних теплових панелей;
3. Використання в якості резерву твердопаливного автоматизованого котла на пілетах (деревних, трав'яних).

Як додаткові опції розглядаються:

1. Використання утилізаційного теплообмінника когенераційної мінісистеми електрозабезпечення.

2. Використання притяжно-витяжної системи вентиляції із рекуперацією теплоти.
3. Використання каміна-грубки з повітряною системою опалення.
4. Використання каміна-грубки з водяною системою опалення.
5. Використання утилізаційної теплоти димової труби за рахунок її оребрення.

Крім того, допоміжні опції:

1. Теплова завіса південної, північної стіни та даху будинку взимку та їх охолодження влітку;

2. Часткова (окрім вікон) теплова завіса східної та західної стіни будинку взимку та їх охолодження влітку;

3. Нагрівання повітря взимку та його охолодження влітку при використанні гравітаційно-вільноконвективної системи вентиляції із застосуванням ґрунтових теплообмінників.

У експериментальному будинку передбачена робота таких систем теплопостачання:

1. Тепла водяна підлога.
2. Тепла капілярна водяна підлога.
3. Тепла водяна стіна.
4. Тепла капілярна водяна стіна.
5. Тепла електрична підлога.
6. Тепла електрична стіна.
7. Багатопетлевий водяний теплообмінник, який вмонтований всередину простінка.
8. Фенкойли типу вода-повітря повітряної системи опалення.
9. Фенкойли типу повітря-повітря повітряної системи опалення.
10. Радіатори зі збільшеною поверхнею тепловіддачі середньотемпературного опалення.

### **Електрозабезпечення**

Полівалентна система – це:

1. Лопатевий вітроагрегат пропелерного типу.
2. Вертикальний вітроагрегат вісе-циліндричного типу.
3. Система електроакумуляції високої ємності.
4. Сонячні фотовольтаїчні панелі та/або комбіновані сонячні панелі.
5. Когенераційна міні установка.
6. Термоелектричні модулі (ґрунтові та системи теплозабезпечення).

### **Вентиляція**

Тривалентна система:

1. Припливно-гравітаційна пасивна система.
2. Примусова вентиляція через ґрунтові теплообмінники.
3. Притяжно-витяжна рекуперативна (без або з електропідігрівом повітря).

Будівництво споруд різного призначення з нульовим енергетичним балансом стає практичним і економічно вигідним, в той час як витрати на застосування альтернативних енергетичних технологій знижуються, а ціни на викопні види палива зростають. Енергоефективне будівництво, енергозберігаючі матеріали і нові технологічні системи цікавлять все більше людей в Україні. Тим часом економіка України відзначається дуже високим рівнем енергоспоживання, у порівнянні з міжнародним рівнем. Споживання первинної енергії, по відношенню до внутрішнього валового продукту України, перевищує середній світовий показник у 2,5 рази. Низька ефективність використання первинної енергії, не в останню чергу, пов'язана з поганим станом житлового фонду, зно-

шеністю інженерного обладнання та мереж теплопостачання. Завдяки законодавчим ініціативам уряду та змінам у свідомості населення та суб'єктів господарювання спостерігається поширення заходів енергоефективності при будівництві, ремонті та реконструкції будівель. Але ці зусилля та чималі фінансові витрати часто не призводять до бажаного та очікуваного результату через відсутність досвіду щодо застосування інноваційних енергетичних концепцій, новітніх технологій, нових будівельних матеріалів та технічних систем. Актуальним та необхідним є завдання розробки концептуальних основ, проектів, методик та створення експериментального будинку типу «нуль енергії», на базі експериментального пасивного будинку, повномасштабної науково-технічної технологічної теплофізичної лабораторії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. <http://www.pro-passivhaus.com>.
2. <http://batchgeo.com/map/net-zero-energy-buildings>.
3. Беляєва Т.Г. Теплообмен в системе «U-образный теплообменник-грунт» в процессах аккумуляции и извлечения теплоты / Беляєва Т.Г. //Промышленная теплотехника.– 2013. – Т. 35, №1. - С. 72-79.
4. Пат. 44191 Україна. Спосіб вилучення теплоти колодязної води / Долінський А.А., Басок Б.І., Кузьмелюк Л.М. та ін., опубл. 25.09.09, Бюл. №18.
5. Пат. 42349 Україна. Спосіб вилучення теплоти води з водозабірної свердловини /Долінський А.А., Басок Б.І., Беляєва Т.Г. та ін., опубл. 25.06.09, Бюл. №12.
6. Створення ґрунтово-водо-водяних теплообмінників для теплонасосних технологій теплопостачання приміщень / [Басок Б.І., Коба А.Р., Недбайло А.Н., та ін.] // Наука та інновації. – 2012. – Т.8. - №1. – С.67-76.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2013 р.