

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ БУДИНОК ПАСИВНОГО ТИПУ

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

В роботі наведено основні підходи до створення та результати побудови експериментального будинку пасивного типу загальною площею 300 кв. м. на території Інституту технічної теплофізики НАН України за адресою м. Київ, вул. Булаховського, 2. Приведена оцінка питомого річного теплоспоживання для потреб опалення.

За даними відомої датської компанії Velux [1] 90% нашого часу ми проводимо в будівлях, на життєзабезпечення яких витрачається 40% енергії, що виробляється в світі. На даний час навіть в Європі до 30% всіх будівель не забезпечують здоровий мікроклімат в приміщеннях. В Україні на потреби опалення існуючого комунального житлового фонду щорічно використовується оцінково до 200 кВт·годин на 1 кв. м. опалювальної площі, що зумовлено великими дисипативними втратами теплоти через огорожувальні будівельні конструкції будинків (вікна, стіни, дахи, підвали тощо). Фактично в будинках старої забудови майже половина енергії первинного палива втрачається при генерації, транспортуванні і кінцевому споживанні теплової енергії, де втрати теплоти подекуди сягають 50%. Це призводить до надмірної перевитрати природного газу для потреб теплозабезпечення.

Згідно з нормативно-технічними вимогами України будинки високої енергетичної ефективності повинні щорічно споживати до 65...75 кВт·годин на 1 кв. м. площі, для Німеччини аналогічний показник становить 40 кВт·годин на 1 кв. м., а для будівель так званого «пасивного типу» - не більше 15 кВт·годин на 1 кв. м. Для кліматичних умов України рівень теплоспоживання будинку пасивного типу законодавчо не визначений. Тому проблема суттєвого підвищення енергоефективності будівель шляхом теплосбереження за рахунок використання інноваційних будівельних конструкцій та застосування сучасних інженерних систем теплозабезпечення (включаючи використання поновлюваних та альтернативних джерел енергії) є вкрай актуальною. Одним із напрямків вирішення нагальних завдань енергозбереження в існуючому будівельному фонді та в новобудовах є впровадження пілотних проектів по термомодернізації будівель; по пасивним, «зеленим», екологічно чистим, «активним» будинкам; з обов'язковим довгорічним моніторингом їх показників реального енергоспоживання.

Метою даної роботи є розробка концептуальних підходів, інноваційних технічних рішень і на їх основі створення проекту та побудова експериментального будинку пасивного типу загальною площею до 300 кв. м. на території ІТТФ НАН України (Київ, вул. Булаховського, 2), тобто для клімату м. Києва. Завдання проекту - визначення енергетично і економічно доцільного комплексу заходів для оптимізації теплоспоживання будівлі до рівня західноєвропейського будинку.

Створений будинок – це повномасштабний (4 повноцінних поверхи, п'ятий поверх – горище, опалювальна площа – 266,6 кв. м.) лабораторно-промисловий стенд для перевірки в реальних кліматичних умовах як окремих будівельних конструкцій, так і всієї будівлі в цілому, а також сучасних систем енерго- та ресурсозабезпечення. По суті це є науково-технічна та технологічна лабораторія теплофізичного та енергетичного профілю для дослідження динаміки експлуатації, окремих будівельних матеріалів, окремих будівельних конструкцій та всієї будівлі, а також довготривалого моніторингу експлуатації інженерних систем енергозабезпечення, головним чином на основі поновлюваних та альтернативних енергоресурсів. Перспективна ідея, яка покладена в основу такого будівельного стенду, полягає в реалізації, безумовно при наявності фінансування та при активному подальшому пошуку інвестицій, послідовного ланцюжка перетворень вказаної будівлі в напрямку: будинок високої енергетичної ефективності (70 кВт·годин на 1 кв. м. площі) – будинок пасивного типу – будинок типу «нуль енергії» – «розумний» будинок – будинок як Micro Smart Grid 0-Energy система.

В даному будинку, як в теплофізичній лабораторії, передбачені автоматизовані цілодобові неперервні (з інтервалом (скважністю) від 1 хвилини і до 1 доби) вимірювання полів температур, теплових потоків, вологості, тиску, витрат повітря, витрат теплоносія, витрат теплової і електричної енергії, освітленості, зовнішніх кліматичних параметрів з електронним архівуванням отриманих експериментальних даних. Наявна можливість також проводити тепловізійні та пірометричні вимірювання. Передбачено також вимірювання теплофізичних властивостей будівельних матеріалів та конструкцій в реальних умовах експлуатації та їх зміни в довготривалому часі. На даний час в конструкції будинку безповоротно запаковано більш як 400 одиниць датчиків температури, теплового потоку, вологості тощо. Майже аналогічна кількість датчиків передбачена також при відкритому доступі для стаціонарної та переносної установки з використанням комплексу типу «Ресурс» власної розробки. Довготривалі вимірювання проводяться в будівельних конструкціях, в навколишньому ґрунті, в ґрунтових теплообмінниках, в приміщеннях та в повітрі атмосфери, а також кліматичні вимірювання, включаючи вимірювання сонячної інсоляції.

В будинку використовуються подвійні енергоефективні вікна, що виготовлені на основі двокамерних склопакетів з формулою 4i-8-4i-8-4 та п'ятикамерного віконного профілю.

Дах будинку односкатний, направлений на південь під кутом 35° до горизонту, який є оптимальним стосовно річного сприйняття сонячної енергії тепловими та електричними панелями. Конструкція даху металева, посиленого типу, здатна нести снігову загрузку та всю масу сонячних панелей при повному заповненні ними всієї площі, що становить майже 125 кв. м. Утеплення даху виконано декількома шарами базальтової вати загальною товщиною 50...55 см., гідроізолюваною зверху панелями OSB з товщиною 10 мм.

Утеплення зовнішніх стін основного корпусу будинку виконане наступним чином. По чотирьом кутам будинку по горизонталі на відстань до

50...60 см від кута та по вертикалі стіни будинку, де розташовані вікна, утеплення суцільне, трьохшарове (товщина кожного шару утеплювача – 10 см) типу «мокрого» фасаду. По всій іншій площині всіх стін спочатку утеплення двошарове типу «мокрого» фасаду товщиною 21...22 см, потім п'ятисантиметровий вертикальний вентиляційний повітряний канал, а потім знову утеплювач товщиною 5 см, далі 3 шари клеєвої стяжки, армованої фасадною полімерною сіткою і шар фасадної краски по гладкій (для зменшення тепловіддачі) стіні. Повітря, що поступає в вентканали, або зовнішнє атмосферне, або попередньо пройдене через ґрунтові теплообмінники, що розташовані в насипному ґрунті перед південною та перед північною стіною будинку. Фактично реалізовано комбінована система поєднання «мокрого» та вентилязованого фасаду. Вентиляція фасаду реалізується як вільна гравітаційно-конвективна, або як примусово-конвективна за рахунок використання дуттєвого вентилятора. В якості утеплювачів зовнішніх стін використовувались: для першого шару – піноскло; базальтова вата високої густини; металеві сандвіч-панелі (наповнені мінватою або пінополістиролом); для другого шару – базальтова вата, пінополістирол, екструзійний пінополістирол; для зовнішнього шару - екструзійний пінополістирол.

Виходячи із вищесказаного до особливостей будинку можна віднести:

- компактність будівлі;
- посилену теплоізоляцію зовнішнього утеплення стін товщиною до 33 см.;
- використання комбінованого клеєво-вентильованого фасадного утеплення стін;
- орієнтацію на південь та відсутність затінку;
- виключення або зменшення наявності “містків холоду”;
- герметичність будівельної конструкції;
- енергоефективні подвійні вікна та профілі відмінної якості
- контрольовану вентиляція з рекуперацією теплоти;
- заглиблення в ґрунт на дві третини висоти цокольного поверху;
- тепловий захист (нагрівання – взимку, охолодження – влітку) зовнішніх стін при пропусканні зовнішнього повітря через ґрунтові теплообмінники і вентканали зовнішнього утеплення – т. з. «теплова завіса»;
- використання для внутрішньої частини зовнішніх стін основного корпусу будівельних матеріалів значної теплоємності, а для зовнішньої частини – малої теплопровідності.

Схема будівлі наведена на рис.1, а її зовнішній вигляд на різних етапах будівництва – на рис.2.

Згідно з ДБН В.2.6-31 для розрахунку питомого теплоспоживання будівлі температурою внутрішнього повітря приймається $t_{вн}=20$ °С. Розрахунковою температурою зовнішнього повітря вибрана в варіанті 1: середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період для умов м. Києва $t_{оп.з.}=t_{зовн.}=-1,1$ °С [2] та в варіанті розрахунку 2: максимальна середня температура самого холодного періоду (січень-місяць) за п'ять останніх років $t_{зовн.}=-10,0$ °С [3]. Тривалість опалювального періоду для м. Києва складає $z_{оп}=187$ діб.

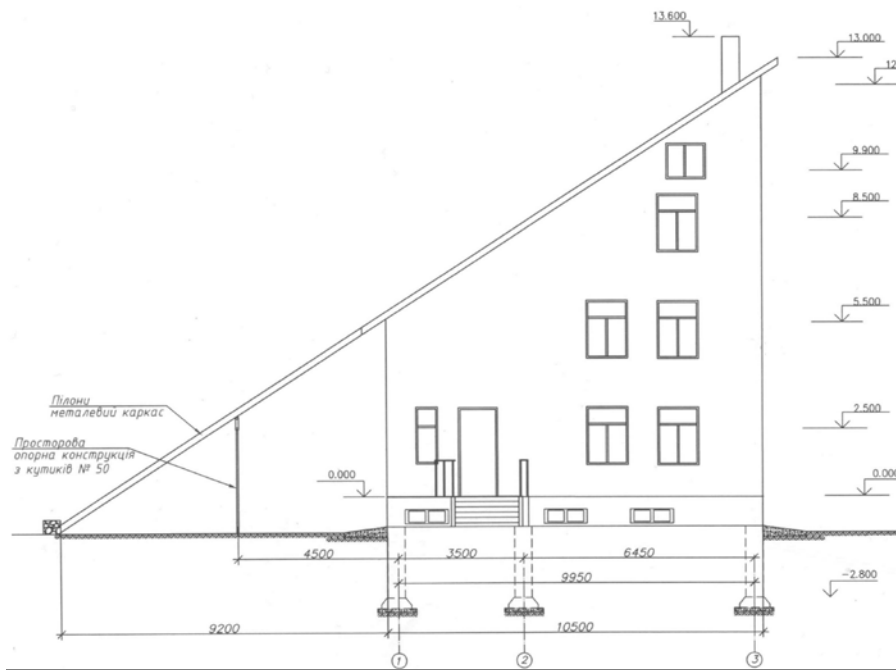


Рис. 1. Схема основного корпусу будинку (без утеплення), вид із сходу



а



б

Рис.2. Зовнішній вигляд експериментального будинку пасивного типу на стадії його будівництва до (а) та після (б) термомодернізації

Розрахунок термічного опору стінових конструкцій проводиться на основі залежності для термічного опору:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \sum_{j=1}^J \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн.}}},$$

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}},$$

де $\alpha_{\text{вн.}}$, $\alpha_{\text{зовн.}}$ - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь

огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К), які приймаються відповідно: $\alpha_{\text{вн.}}=8,7$ Вт/(м²·К) та $\alpha_{\text{зовн.}}=23$ Вт/(м²·К); F_j - площа j -ї термічно однорідної зони, м²; F_{Σ} - площа ОК, м²; R_j - термічний опір термічно однорідної зони, визначається за формулою (2), (м²·К)/Вт; δ_i - товщина i -го шару конструкції, м; λ_{ip} - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К).

Тепловтрати на один метр опалювальної площі вказаної будівлі становлять: варіант 1: 3,4 Вт/м²; варіант 2: 4,86 Вт/м²., а оцінка питомого теплоспоживання експериментального енергоефективного будинку пасивного типу рівна: варіант 1: $E = 15$ (кВт год)/(м² рік); варіант 2: $E = 21,8$ (кВт год)/(м² рік), що відповідає вимогам європейських стандартів.

Виходячи із проведених досліджень оцінено можливі обсяги економії природного газу. Зазначимо, що одним із перспективних напрямків зменшення споживання газу в старому житловому фонді, особливо в будівлях соціально-бюджетної сфери, є проведення термореновації та/або термомодернізації будівель з наступною модернізацією інженерних систем теплозабезпечення. Окремі наявні пілотні проекти та власні дослідження фахівців ІТТФ НАН України показують, що за рахунок запропонованих заходів можна досягти економії споживання природного газу майже на половину, що в масштабах всієї країни призводить до зменшення обсягів його споживання для потреб комунальної теплоенергетики до 3,5...4 млрд. куб. м. щорічно.

Використання будинків «пасивного» типу суттєво зменшує споживання в Україні первинної енергії. Більш високі капітальні витрати «пасивної» будівлі компенсуються зниженням експлуатаційних витрат за рахунок суттєвого зменшення енергоспоживання.

Література

1. www.velux.ru.
2. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006.-[Чинний від 01.04.2007] . - К.: Мінбуд України, 2006. - 64 с. - (Державні будіельні норми України).
3. *Басок Б.И., Давыденко Б.В., Гончарук С.М.* и др. Особенности теплоснабжения административного здания в отопительный период // *Керамика: наука и жизнь.* -№4(14), 2011. - С. 59-68.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ДОМ "ПАСИВНОГО" ТИПА

Б. И. Басок

В работе изложены основные подходы к созданию и результаты строительства экспериментального здания пассивного типа общей площадью 300 кв. м. на территории Института технической теплофизики НАН Украины по адресу г. Киев, ул. Булаховского, 2. Приведена оценка удельного годового теплопотребления для нужд отопления.

EXPERIMENTAL HOUSE OF "PASSIVE" TYPE

B. Basok

The paper presents the main approaches to the creation and results of construction of the experimental passive type building with total area of 300 square meters at the Institute of Engineering Thermophysics of NASU at Str. Bulakhovskogo, 2. Given an assessment of specific annual heat consumption for heating.