

Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури»



Проектування екобудівель

Практичний гід

Микола Савицький
Марна Бабенко
Марина Бордун
Світлана Шехоркіна
Олександра Кузьменко
Микола Котов

Дніпро
2019

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та
архітектури»

*Микола Савицький, Марина Бабенко, Марина Бордун,
Світлана Шехоркіна, Олександра Кузьменко, Микола Котов*

ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЕКОБУДІВЕЛЬ. ПРАКТИЧНИЙ ГІД

Монографія

Дніпро
2019

УДК 728.8:621

П 79

Рекомендовано до друку Вченою радою ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (Протокол №4 від 26.11.2019 р.)

Авторський колектив:

М. В. Савицький, д-р техн. наук, проф.; **М. М. Бабенко**, канд. техн. наук; **М. В. Бордун**, аспірант, м.н.с.; **С. Є. Шехоркіна**, канд. техн. наук, доцент; **О. М. Кузьменко**, канд. техн. наук, доцент; **М. А. Котов**, канд. техн. наук, доцент

Рецензенти:

В. В. Данишевський, д.т.н., професор, проректор з наукової роботи ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Т. Д Нікіфорова, д.т.н., завідувач кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Проектування енергоефективних екобудівель.

П 79 Практичний гід / М. Савицький, М. Бабенко, М. Бордун [та ін.]. – Дніпро: ФОП Обласов В.О., 2019. – 97 с.

ISBN 978-966-323-218-8

Практичний гід дає відповіді на інженерні задачі на будь-якій стадії реалізації проекту будинку, дружнього до навколишнього середовища. За допомогою гйда можна обрати вірний підхід для досягнення бажаного рівня екологічності та водночас енергоефективності будівлі. Він стане в нагоді практикуючим архітекторам, проєктувальникам, спеціалістам з інженерного обладнання, а також індивідуальним приватним забудовникам, які прагнуть жити у комфортному та «здоровому» житті.

УДК 728.8:621

© Савицький М., Бабенко М., Бордун М. та ін., 2019

© ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПРАКТИКИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ЗА КЛАСОМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	8
1.1. Розрахунок енергоефективності згідно вітчизняних норм по ДБН Б.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»	10
1.2. Європейські норми проектування енергоефективних будинків та можливі українські аналоги	15
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1	36
РОЗДІЛ 2. ЗАСАДИ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОНОМНОЇ ЕКОБУДІВЛІ ЗА КОНЦЕПЦІЄЮ «ПОТРІЙНИЙ НУЛЬ».....	38
2.1. Раціональна архітектурна форма для забезпечення ефективності будівлі	38
2.2. Аналіз та вибір природного оточення і ділянки забудови. Правильне орієнтування за сторонами світу та дотримання вимог раціональної інсоляції	41
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	45
3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ ОДНОРІДНОСТІ БУДІВЛІ	46
3.1. Поняття теплопровідного включення, різновиди «містків холоду»	47

3.2. Методи усунення термічної неоднорідності огорожувальних конструкцій	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	55
РОЗДІЛ 4. ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	58
4.1. Оптимальне рішення по будівельним матеріалам.....	58
4.2. Огляд та характеристика екологічних будівельних матеріалів України	65
РОЗДІЛ 5. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ СИРОВИНИ	78
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5	85
6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУДІВЛІ З УРАХУВАННЯМ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ТА ПЕРЕРОБКИ МАТЕРІАЛІВ І ВІДХОДІВ	86
6.1. Рекуперація тепла відпрацьованих ресурсів будівлі.....	86
6.2. Збір та використання дощової води для побутових потреб....	89
6.3. Система очищення стічних вод і органічних відходів із застосуванням біореакторів	91
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6	93

ВСТУП

Забезпечення населення доступним та якісним житлом, що відповідає принципам сучасної світової політики сталого розвитку – є важливою стратегічною соціальною задачею, яка актуальна для України. Для успішної вирішення цієї задачі необхідно впровадження в масове будівництво енергоефективних економічно виправданих технік застосування екологічних матеріалів при проектуванні житлових будинків.

Основними питаннями, які постають перед забудовником екологічного житла на шляху до досягнення економічної ефективності проекту, є наступні:

- початкові грошові та часові витрати, пов'язані з розробкою концепції проекту, для запобігання непотрібних витрат на зведення та експлуатацію житла;
- вибір матеріалу, який має забезпечувати необхідну міцність конструкції, високі теплотехнічні та економічні показники проекту;
- використання простих конструктивних рішень, що зекономить час та вартість проведення монтажних робіт;
- вибір ефективних для конкретного випадку енергозберігаючих інженерних систем та обладнання з урахуванням енергоспоживання;
- гнучкість будинку до змін – легкість при необхідній реконструкції чи зносі будинку, з наступною утилізацією матеріалів;

- поетапне виконання проекту та спільна робота усіх спеціалістів, що працюють над проектом від архітектора та інженера до декоратора.

Для досягнення оптимального результату в пошуку найбільш сприятливого рішення при проектуванні екобудівлі, що відповідає високим стандартам сталості необхідно брати до уваги всі основні критерії доступності - екологічність, соціальну обґрунтованість та економічність - як при зведенні, так і в стадії експлуатації та утилізації, тобто на всіх стадіях життєвого циклу.

Мета. Практичний гід дає відповіді на інженерні задачі на будь-якій стадії реалізації проекту будинку, дружнього до навколишнього середовища. За допомогою гйда можна обрати вірний підхід для досягнення бажаного рівня екологічності та водночас енергоефективності будівлі. Він стане в нагоді практикуючим архітекторам, проектувальникам, спеціалістам з інженерного обладнання, а також індивідуальним приватним забудовникам, які прагнуть жити у комфортному та «здоровому» житті.

Структура. Практичний гід містить рекомендації для основних етапів при проектуванні екобудівель. До кожного етапу надані рекомендації та перелік корисних посилань для раціонально впровадження всіх найвдаліших практик будівництва за стандартами сталого розвитку. Для спрощення роботи з гідом кожний етап виділений окремим кольором.

Практичний гід «Проектування екобудівель» розроблено в рамках виконання проекту "Науково-практичні засади проектування автономних екобудівель за концепцією « Потрійний Нуль», профінансованого МОН України.

РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПРАКТИКИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ЗА КЛАСОМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Європейська стратегія «20-20-20» [1] передбачає підвищити енергоефективність національних економік на 20 %, знизити на 20 % викиди газів в атмосферу (від рівня 1990 р.) та досягнути покриття 20 % енергопотреб Європи за рахунок відновлювальних джерел енергії до 2020 року. В 2014 році близько 30 % парникових газів генерував будівельний сектор Європи, що відповідає 40 % загального енергоспоживання Європейського співтовариства [2, 3]. Згідно європейської директиви щодо енергоефективності будівель [4] всі нові житлові будівлі починаючи з 31 грудня 2020 року повинні відповідати стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням або бути «позитивними». Для виконання цих вимог було розроблено стратегію «Визначення спільних принципів виконання директиви» [5]. Цей документ включає різні існуючі визначення будівель з нульовими енерговитратами, які були сформульовані країнами ЄС та закріплені на законодавчому рівні, а також національні плани стосовно збільшення кількості цих будівель для деяких країн ЄС та США. За останні два десятиліття побудовано близько 330 будинків за різними національними стандартами будівель нульового енергоспоживання країн світу [5].

Технічні визначення стандартів будівель з нульовим енергоспоживанням різняться у зв'язку з різними кліматичними

умовами та нормами розрахунків на енергоспоживання. Числовим індикатором стандарту найчастіше виступає максимальний показник загальної річної потреби первинної енергії (повністю або частково добутої з альтернативних відновлювальних джерел) для забезпечення потреб в опаленні, кондиціонуванні, вентиляції, електроенергії, гарячій воді і т.д. Цей показник коливається від 0 кВт/м² на рік до 270 кВт/м² (останнє для громадських будівель, лікарень). Наприклад, для Хорватії це показник у 33 кВтгод/м² на рік , для Данії 20 кВтгод/м² , для Литви 95 кВтгод/м² , для Бельгії, Франції, Словачії, Словенії, Болгарії, Мальти, Великобританії, Ірландії та Естонії від 45 до 50 кВтгод/м² [6]. Інші країни обрали за індикатор клас будівлі (наприклад, для Литви будівля класу А++ є будівлею з нульовим енергоспоживанням). Деякі країни ще не закріпили визначення будівель з нульовими енерговитратами законодавчо. Вітчизняні норми класифікують будівлі за енергоефективністю, але офіційні визначення будівель нульової чи позитивної енергії поки що відсутні в Україні.

Для аналізу конкретних прикладів використано відкриті бази сертифікованих будівель світу відповідно до стандартів Інституту пасивних будинків, включаючи енергопозитивні будинки (Німеччина) [7] і Обсерваторії будинків з пониженим енергоспоживанням (Франція) [8].

1.1. Розрахунок енергоефективності згідно вітчизняних норм по ДБН Б.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»

Головною характеристикою енергоефективності є розрахункова або фактична річна енергопотреба будівлі EP яка повинна бути меншою або дорівнювати максимально допустимому значенню питомої річної енергопотреби будівлі EP_{max} , кВт·год/м²:

$$EP \leq EP_{max}$$

Розрахункове значення EP визначається за формулою:

$$EP = (Q_{H,md} + Q_{C,md} + Q_{DHW,md})/A_f$$

де $Q_{H,md}$, $Q_{C,md}$, $Q_{DHW,md}$ - річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт·год, згідно ДСТУ А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель» [9]; A_f - опалювальна площа м², згідно ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні» [10]. Фактичне значення EP визначається згідно з ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель» [11].

Максимально допустима значення питомої річної енергопотреби будівлі EP_{max} для житлових будинків різної поверховості наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Максимально допустима значення питомої річної енергопотреби будівлі EP_{\max} для житлових будинків

Призначення будівлі	Значення EP_{\max} , кВт·год/м ² для температурних зон України	
	I	II
Житлові будівлі поверховістю від 1 до 3	120	110
від 4 до 9	83	81
від 10 до 16	77	75

У відповідності з нормативними вимогами України, клас енергоефективності визначається у відсотках співвідношення розрахункової або фактичної річної енергопотреби будівлі EP та максимально допустимому значенню питомої річної енергопотреби будівлі EP_{\max} . Клас енергоефективності визначається згідно табл. 1.2.

Енергоефективність будівлі визначається показником енергоефективності EP , який є середньозваженою алгебраїчною сумою поставленої і експортованої енергії кожним енергоносієм, яка визначається згідно з розділом 5 prEN 15603 «Energy Performance Of Buildings» [12] і поділений на умовну площу AC .

Таблиця 1.2

Класифікація будинків за енергоефективністю

Клас енергоефективності будинків за питомим енергоспоживанням	Різниця в % EP від EP _{max} [(EP – EP _{max})/EP _{max}] · 100%
A	мінус 50 та менше
B	від мінус 49 до мінус 10
C	від мінус 9 до 0
D	від 1 до 25
E	від 26 до 50
F	від 51 до 75
G	76 та більше

EP може виражати наступне:

a) первинна енергія (EP);

b) викиди CO² (m_{CO²});

c) поставлена енергія нетто, середньозважена за допомогою додаткового параметра, встановленого на основі національної енергетичної політики (наприклад, поставлена енергія або вартість).

Основна вимога енергоефективності виглядає аналогічно ДБН Б.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [13], тобто питомий показник енергоефективності не повинен перевищувати гранично допустимого значення:

$$EP \leq EP_r$$

де EP - (питомий) показник енергоефективності; EP_r - граничне значення, яке визначається вимогою.

При визначенні EP і EP_r обов'язково враховуються кліматичні умови, функція будівлі, енергоносії, розміри і / або форма будівлі, кратність повітрообміну, рівень освітленості.

Також при визначенні класу енергоефективності використовуються контрольні значення.

Для класів будівель з різними функціональними призначеннями встановлюють різні контрольні значення (наприклад, односімейні будинки, житлові забудови, адміністративні будівлі, установи освіти, лікарні, готелі і ресторани, спортивні споруди, будівлі оптової та роздрібної торгівлі та інші).

Допускається застосовувати такі контрольні значення:

R_g - контрольне значення законоположення з енергозбереження, відповідне типовим значенням вимог законоположень з енергозбереження для нових будівель;

R_s - контрольне значення для фонду будівель, відповідне енергоефективності, що досягається приблизно 50% національного або регіонального фонду будівель (середнє значення).

Контрольні значення встановлюються на національному або регіональному рівні. Таким чином, метод по визначенню класу енергоефективності певної будівлі включає наступні етапи:

- a) встановлення типу будівлі (наприклад, адміністративні).
- b) вибір контрольних значень R_g для «законоположення з енергозбереження» і R_s для «фонду будівель» стосовно типу будівлі.
- c) визначення значень енергоефективності EP будівлі.

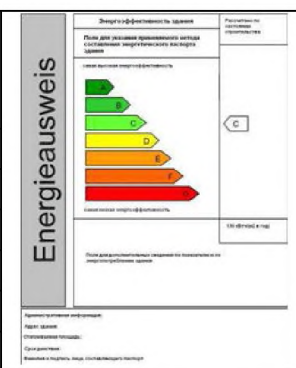
d) клас енергоефективності визначають за такими правилами (табл. 1.3).

Таким чином хоч основна умова и однакова в українських та європейських нормах з енергоефективності, порівнювати результати розрахунку по ним неможна. Так як результати дані у різних одиницях виміру, та враховують різні фактори.

Таблиця 1.3

Визначення класу енергоефективності

Клас енергоефективності	Умова
клас А	якщо $EP < 0,5 R_r$
клас В	якщо $0,5 R_r < EP < R_r$
клас С	якщо $R_r \leq EP < 0,5(R_r + R_s)$
клас D	якщо $0,5(R_r + R_s) \leq EP < R_s$
клас E	якщо $R_s \leq EP < 1,25R_s$
клас F	якщо $1,25R_s \leq EP < R_s$



1.2. Європейські норми проектування енергоефективних будинків та можливі українські аналоги

Назва	Зміст	Найближчий український аналог	Пов'язані норми
<p>В основі всіх стандартів ЄС з енергоефективності лежить директива EPBD (On Energy Performance of Buildings) дія якої поширюється на всі країни ЄС. Вперше затверджена в 2002 році, останній раз переглядалася в 2015</p>	<p>Метою даної директиви є всеосяжне підвищення енергоефективності всіх будівель ЄС</p>	<p>ДБН В.1.2-11-2008 (частково)</p>	<p>Всі</p>
<p>На підставі вимог директиви EPBD були розроблені два основні стандарти з енергоефективності</p>			
<p>EN 15217 Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings Енергоефективність будівель - Методи вираження енергоефективності та енергетичної сертифікації будівель. Прийнято в березні</p>	<p>Цей стандарт присвячений методам для визначення енергетичного представлення будівель, а також складанню сертифіката енергоефективності.</p>	<p>ДБН В.2.6-31:2016 (частково)</p>	<p>EN ISO 7345:1995, prE N 15603, ISO 7345:1987, CEN/TR 15615, prEN ISO 13789:2005, IS O/DIS 13789:2005, EN ISO/IEC 17000, ISO/IEC 17000:2004, IS O 13600:1997</p>

2005 року			
<p>EN 15603 Energy performance of buildings. Overall energy use and definition of energy ratings Енергоефективність будівель. Загальне використання енергії та визначення енергетичних рейтингів.</p> <p>Прийнято 30 вересня 2008</p>	<p>Метою стандарту є: а) Зіставляти результати інших стандартів, в яких розраховується використання енергії для тієї чи іншої послуги всередині будівлі; б) Враховувати енергію, що виробляється в будівлі, певна частина якої може бути передана для використання в іншому місці; в) Надати зведення про спільне використання енергії будівлі в табличній формі; г) Надавати оцінку енергії на основі первинної енергії, викидів двоокису вуглецю або інших параметрів, визначених національною енергетичною політикою; д) Встановити загальні принципи розрахунку первинних енергетичних факторів і коефіцієнтів викидів вуглецю. У цьому стандарті</p>	<p>ДДСТУ Б В.2.2-39:2016 (частково) ДСТУ Б В.2.2-21:2008 (частково)</p>	<p>EN 15193, EN 15217, EN 15232:2007, EN 15241, EN 15243, EN 15316, EN ISO 7345:1995, ISO 7345:1987, EN ISO 12569, ISO12569:2000, EN ISO 13789, ISO 13789:1999, EN ISO 13790, ISO 13790:2004, EN 410, EN 673, EN 12412-2, EN 13187, ISO 6781:1983, EN 15242, EN ISO 6946, ISO 6946:1996, ISO 9869, EN ISO 10077-1, ISO 10077-1:2006, EN ISO 10077-2, ISO 10077-2:2003, EN ISO 12567, EN ISO 10211:2007, ISO 10211:2007, ISO 13600,</p>

	<p>визначаються енергетичні послуги, які необхідно враховувати для складання рейтингів енергетичних характеристик для проєктованих і існуючих будівель.</p> <p>е) Метод розрахунку стандартного розрахункового енергетичного рейтингу (паспорта), стандартного використання енергії, який не залежить від поведінки мешканців, фактичної погоди і інших фактичних (оточуючих або внутрішніх) умов;</p> <p>є) Метод оцінки виміряного енергетичного рейтингу (паспорта) на основі наданої та використовуваної енергії;</p> <p>ж) Методологія підвищення достовірності моделі розрахунку будівлі в порівнянні з фактичним використанням енергії;</p> <p>з) Метод оцінки енергетичної ефективності</p>		
--	---	--	--

	МОЖЛИВИХ ПОЛІПШЕНЬ.		
Далі йде група стандартів присвячених енергетичним потребам системи і будівлі для опалення приміщень, охолодження приміщень, зволоження, осушення, гаряче водопостачання, системи освітлення і вентиляції.			
BS EN ISO 13790 Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling Енергоефективність будівель. Розрахунок використання енергії для обігріву та охолодження приміщень. Прийнято 31 грудня 2008	Ці норми включає в себе розрахунок: а) передачу тепла при вентиляції будівельної зони при нагріванні або охолодженні до постійної внутрішньої температури; б) внесок внутрішнього і сонячного тепла в тепловий баланс будівлі; в) річні потреби в енергії для опалення та охолодження, а також для підтримки заданих температур в приміщенні; г) річне споживання енергії для опалення та охолодження будівлі з використанням відповідних стандартів системи, зазначених в цьому стандарті.	ДБН В.2.6-31:2016 (частково) ДСТУ Б В.2.2-21:2008 (частково) ДСТУ Б А.2.2-12:2015	ISO 6946, ISO 7345, ISO 10077-1, ISO 13370:2007, ISO 13786:2007, ISO 13789:2007, ISO 15927-4, EN 15217, ISO 7726, ISO 9050, ISO 9488, ISO 10077-2, ISO 15099, ISO 15927-1, ISO 15927-6, EN 12831, EN 15232, EN 15251, EN 15265:2007, EN 15316-4-5, CEN/TR 15615
EN 15316-1 Energy performance of buildings. Method for calculation of system	Ці норми включають в себе розрахунок: тепла, математичні розрахунки,	ДБН В.2.5-67:2013 (частково)	EN ISO 7345:1995, ISO 7345:1987, ENISO 52000-1,

<p>energy requirements and system efficiencies. General and Energy performance expression, Module M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4</p> <p>Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергетичних потреб системи і ефективності системи. Загальні та енергетичні вирази, модуль M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4</p> <p>Прийнято 19 липня 2017</p>	<p>ефективність, споживання енергії, теплова потужність, системи теплового захисту, опалювальне обладнання, будівлі, системи просторового опалення, теплопередача, втрати тепла, системи гарячого водопостачання.</p>		<p>ISO 52000-1:2017, EN 15316-3:2017</p>
<p>EN 15316-2</p> <p>Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Space emission systems (heating and cooling), Module M3-5, M4-5.</p> <p>Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергетичних потреб системи і ефективності системи. Системи просторової емісії (опалення та</p>	<p>Ці норми включають в себе розрахунок: теплові втрати, системи гарячого водопостачання, енергозбереження, системи теплового захисту, опалювальне обладнання, теплова потужність, будівлі, теплообмін, обігрівачі.</p>	<p>ДСТУ Б А.2.2-12:2015 (частково)</p>	<p>EN ISO 52000-1:2017, EN ISO 7345:1995, EN 416-2:2006, EN 15316-1:2017, ISO 7345:1987, EN 1264-1:2011, EN 1264-3:2009, ENISO 52000-1, EN 15500-1:2017, EN 1264-4:2009, EN 442-3:1997, EN 215:2004,</p>

<p>охолодження), модуль М3-5, М4-5. Прийнято 20 червня 2017</p>			<p>EN 442-2:2014, EN 1264- 5:2008, EN 442-1:2014, ISO 52000-1, EN 419-2:2006, CEN/TR 12831- 2:2017, EN 12828:2012+A1 :2014 CEN/TR 15316-6-2:2017, EN 15316- 3:2017, та ін.</p>
<p>EN 15243 Ventilation for buildings. Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems. Вентиляція для будівель. Розрахунок кімнатної температури, навантаження і енергії для будівель з системами кондиціонування приміщень. Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>Ці норми включають в себе: а) Визначення процедури розрахунку, методи розрахунку для визначення температури, розумні навантаження і потреба в енергії для приміщень які будуть використовуватися в процесі проектування; б) Опис методів розрахунку для визначення прихованої охолоджуючого і теплого навантаження на опалення будівлі, охолодження, зволоження, осушення і навантаження на ці системи;</p>	<p>ДСТУ Б А.2.2- 12:2015 (частково)</p>	<p>EN 13779, EN 15026, EN 15241, EN 15242:2007, EN 15251, EN 15255:2007, EN 15316-2-1, EN 15377-3, prEN ISO 13790, ISO/DIS 13790:2005, EN ISO 13792, ISO 13792:2005, EN ISO 15927- 2, ISO/DIS 15927- 2:2007, EN ISO 15927- 4, ISO 15927- 4:2005, 2002/91/EC, UNI 10963:2001,</p>

	<p>в) Визначення загального підходу для розрахунку загальної енергетичної ефективності будівель з системами кондиціонування приміщень;</p> <p>г) Визначення одного чи декількох спрощених методів розрахунку енергетичних потреб системи для конкретних типів систем, заснованих на попиті та енергоспоживання будівлі, отриманому від EN ISO 13790 та визначенні їх області застосування.</p>		<p>DIN V 18599, CEN/TS 14825:2003, EN 215, EN 832, EN 12792, EN 12831, EN 14511, EN 15203, EN 15265, EN 15315, EN 15316, EN 15316-1, EN 15316-2-3, prEN 15500, EN 60675, IEC 60675:1994, EN ISO 13791, ISO 13791:2004, ISO 7730, ISO 9251</p>
<p>EN 15316-3 Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Space distribution systems (DHW, heating and cooling), Module M3-6, M4-6, M8-6. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергетичних потреб системи і її</p>	<p>Ці норми включають в себе: теплові втрати, опалювальне обладнання, системи просторового опалення, тепловий розрахунок будівель, тепла ефективність, споживання енергії, математичні розрахунки, центральне опалення, теплообмін, системи теплового захисту, системи гарячого водопостачання,</p>	<p>ДБН В.2.6-31:2016 (частково)</p>	<p>EN ISO 7345:1995, ISO 7345:1987, ISO 52000-1:2017, EN 15232-1:2017, EN ISO 52000-1:2017 CEN/TS 16629:2014, CEN/TS 16628:2014, CEN/TR 15316-6-3:2017, EN 15316-1:2017</p>

<p>ефективності. Розподіл систем в просторі (ГВС, опалення та охолодження), Модуль М3-6, М4-6, М8-6</p> <p>Прийнято 22 червня 2017</p>	<p>ефективність, будівлі.</p>		
<p>EN 15265 Energy performance of buildings. Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods. General criteria and validation procedures. Енергоефективність будівель. Розрахунок потреби в енергії для обігріву та охолодження приміщень з використанням динамічних методів. Загальні критерії і процедури перевірки.</p> <p>Прийнято 28 вересня 2007</p>	<p>Ці норми включають в себе: а) Оцінку енергетичні характеристики кожної кімнати будинку; б) Надання даних про енергії, які будуть використовуватися в якості інтерфейсу з аналізу продуктивності системи (опалення, охолодження, вентиляція, освітлення, побутова гаряча вода і т. д.). Процедура використовується для перевірки потреби в енергії для обігріву та охолодження приміщень на основі моделі перехідного розумного теплового балансу з урахуванням: - зовнішнього теплового балансу</p>	<p>ДСТУ Б В.2.6-37:2008 (частково) ДСТУ Б В.2.6-101:2010 (частково) ДСТУ Б В.2.6-189:2013 (частково) ДСТУ Б В.2.2-21:2008 (частково)</p>	<p>EN 15241, EN 15242, EN ISO 7345:1995, ISO 7345:1987, prEN ISO 10211, ISO/DIS 10211:2005, prEN ISO 13370, ISO/DIS 13370:2005, ISO/DIS 13790:2005, prEN ISO 14683, ISO/DIS 14683:2005, prCEN/TR 15615, prEN ISO 6946</p>

	<p>поверхні;</p> <ul style="list-style-type: none"> - провідності через оболонку будівлі; - теплової потужності зовнішніх і внутрішніх конструкцій; - внутрішнього теплового балансу; - повітряного теплового балансу; - методів визначення теплового балансу. 		
<p>EN 15241 Ventilation for buildings. Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in buildings. Вентиляція для будівель. Методи розрахунку втрат енергії за рахунок вентиляції та інфільтрації в будівлях.</p> <p>Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>У цьому стандарті описується метод розрахунку енергетичного впливу систем вентиляції (включаючи провітрювання) в будівлях, яких буде проведено розрахунок теплового та охолоджуючого навантаження. Його мета - визначити, як розрахувати характеристики (температура, вологість) повітря, що надходить в будівлю, і відповідні енергії, необхідні для його обробки, а також необхідний обсяг електричної енергії для допоміжних пристроїв.</p>	<p>ДСТУ Б А.2.2-12:2015 (частково) ДСТУ Б В.2.6-37:2008 (частково)</p>	<p>EN 12792:2003, EN 13053:2006, EN 13779, prEN 15232, EN 15242, prEN 15243, prEN ISO 13790, ISO/DIS 13790:2005, EN 1886, EN 13141-7, EN 13465</p>

<p>EN 15232 Energy performance of buildings. Impact of Building Automation, Controls and Building Management. Енергоефективність будівель. Вплив системи управління і автоматизації будівель.</p> <p>Прийнятий 29 лютого 2012</p>	<p>Ці норми включають в себе: системи управління, ефективність, системи освітлення, теплотехніка, вентиляція, системи теплового захисту, системи кондиціонування, системи автоматичного управління, будівлі, математичні розрахунки, системи просторового опалення, енергозбереження, продуктивність, споживання енергії, тепловий розрахунок будівель.</p>		<p>EN 12098-1, EN 12098-2, EN 12098-3, EN 12098-4, EN 12098-5, EN 13779, EN 15193:2007, EN 15217:2007, EN 15239, EN 15240, EN 15241:2007, EN 15242:2007, EN 15243:2005, EN 15255, EN 15316-1:2007, EN 15316-2-1:2007, EN 15316-2-3:2007, EN 15316-3-2:2007, EN 15316-3-3:2007, EN 15316-4-1, EN 15316-4-2, та ін.</p>
<p>Далі йде друга група стандартів, в які входять визначення і термінологія, зовнішні кліматичні дані, внутрішні умови, перегрів і захист від сонця, термічні характеристики компонентів будівлі, вентиляція і інфільтрація повітря.</p>			
<p>EN ISO 6946 Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation methods. Будівельні елементи і компоненти будівлі. Методи розрахунку теплового опору і</p>	<p>Ці норми включають в себе: теплопередачу, теплопровідність, математичні розрахунки, тепловий баланс будівель, будівлі, теплоізоляція, термостійкість, деталі будівельних систем.</p>	<p>ДСТУ Б В.2.6-100:2010 (частково) ДСТУ Б В.2.6-101:2010 ДСТУ Б В.2.6-189:2013</p>	<p>ISO 10456:2007, ISO 7345:1987, ISO 13789:2017, ISO 52000-1:2017, ISO 10211:2017, ISO/TR 52000-2:2017, CEN/TS</p>

<p>передачі тепла. Прийнято 16 серпня 2017</p>			<p>16629:2014, CEN/TS 16628:2014, ISO/TR 52019- 2:2017</p>
<p>EN ISO 13370 Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods. Теплові характеристики будівель. Теплообмін через землю. Методи розрахунку. Прийнято 16 серпня 2017</p>	<p>Ці норми включають в себе: фізичні властивості ґрунтів, температура, ґрунт, рівняння, підлоги, підлоги з плити, формули (математика), теплоізоляція, підвали, теплові властивості матеріалів, виміри тепла, теплова поведінка конструкцій, тепловий опір, підлоги з підігрівом, теплопередача, клімат, підвісні підлоги, товщина, вентиляція, коефіцієнт теплопередачі, холодильні камери, ґрунтові води, розміри, математичні розрахунки, теплопровідність, теплові мости.</p>		<p>ISO 14683:2017, ISO 7345:1987, ISO 10211:2017, ISO 6946:2017, ISO 52000- 1:2017, ISO 10456:2007, CEN/TS 16629:2014, CEN/TS 16628:2014, ISO/TR 52000- 2:2017, ISO/TR 52016-2:2017, ISO/TR 52019- 2:2017, ISO 13789:2017</p>
<p>EN ISO 10077-1 Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of</p>	<p>Ці норми включають в себе: подвійні склопакети, двері, термічний дизайн</p>	<p>ДСТУ В.2.6 - XX:200X (частково) ДСТУ Б В.2.7-</p>	<p>ISO 10291:1994 (R10), ISO 52000- 1:2017, ISO</p>

<p>thermal transmittance. General. Теплові характеристики вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок теплопередачі, основне.</p> <p>Прийнято 04 вересня 2017</p>	<p>будівель, математичні розрахунки, рами для вікон, вікна, жалюзі (будівлі), деталі будівельних конструкцій, теплоізоляція, скління, двері, віконне скло, теплопровідність.</p>	<p>107:2008 (частково)</p>	<p>12567-2:200 (R09) Ed 1, EN 13659:2015, EN 12667:2001, EN 12664:2001, ISO 8302:1991, ISO 10292:1994, ISO 10077-2:2017, ISO 6946:2017, EN 675:2011, EN 674:2011, EN 12412-2:2003, ISO 8301:1991 Ed 1, ISO 10293:1997 (R08), ISO 10211:2017, EN 13125:2001, ISO 10456:2007, ISO 7345:1987, EN 673:2011, EN 13561:2004, ISO TR 52000-2:2017, CEN/TS 16628:2014, CEN/TS 16629:2014, ISO/TR 52022-2:2017</p>
<p>EN 13947 Thermal performance of curtain walling. Calculation of thermal transmittance.</p>	<p>Ці норми включають в себе: будівлі, фіранки, облицювання (будівлі), деталі будівельних</p>		<p>EN 673:1997, EN 674, EN 675, EN 12412-2, prEN ISO 6946:2005,</p>

<p>Теплові характеристики фіранок. Розрахунок теплопередачі.</p> <p>Прийнято 31 липня 2007</p>	<p>конструкцій, теплопровідність, скління, скло, теплопередача, математичні розрахунки, теплові мости, тепловий розрахунок будівель, теплоізоляція.</p>		<p>ISO/DIS 6946:2005, EN ISO 7345:1995, ISO 7345:1987, EN ISO 10077-1:2006, ISO 10077-1:2006, EN ISO 10077-2:2003, ISO 10077-2:2003, prEN ISO 10211, ISO/DIS 10211:2005, EN ISO 12567-1, ISO 12567-1:2000, prEN ISO 10456, ISO/DIS 10456:2005</p>
<p>ISO 10077-2 Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Numerical method for frames.</p> <p>Теплові характеристики вікон, дверей і жалюзі. Розрахунок теплопередачі. Чисельний метод розрахунку рам. Прийнято 30 квітня 2012</p>	<p>Ці норми включають в себе: рами для прорізів, дверні рами, глазур, вікна, математичні розрахунки, роликові жалюзі, питома теплопровідність, частини будівельних систем, двері, дверний блок (двері з дверною коробкою), теплові вимірювання, віконна рама, теплопередача, теплопровідність .</p>		<p>ISO 7345, ISO 10211, ISO 10456:2007, ISO 12567-2:2005, ISO/IEC 17025, EN 673, EN 12519, ISO 6946, ISO 10077-1, ISO 12631, ISO 15099, EN 10088-1, EN 12412-2, EN 12664, EN 13556, EN 13947</p>
<p>EN ISO 14683 Thermal bridges in</p>	<p>Ці норми включають в себе: класифікація</p>	<p>ДСТУ Б EN 13187:2011</p>	<p>ISO 52000-1:2017, ISO</p>

<p>building construction. Linear thermal transmittance. Simplified methods and default values. Теплові мости в конструкції будівлі. Лінійна теплопередача. Спрощені методи і відсутні значення. Прийнято 15 серпня 2017</p>	<p>систем, обмеження, теплопередача, частини будівельних конструкцій, теплопровідність, будівлі, передача тепла, математичні розрахунки, тепловий розрахунок будівель, визначення, теплові мости, лінійність, будівельні роботи.</p>	<p>(частково)</p>	<p>13370:2017, ISO 10211:2017, ISO 13789:2017, ISO 7345:1987, CEN/TS 16628:2014, ISO/TR 52000-2:2017, ISO/TR 52019-2:2017, CEN/TS 16629:2014, ISO 6946:2017</p>
<p>EN ISO 10456 Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. Будівельні матеріали та виробі. Гідротермальні властивості. Табличні розрахункові значення і процедури для визначення заявлених і розрахункових теплових значень. Прийнято 31 грудня 2008</p>	<p>Ці норми включають в себе: будівельні матеріали, будівлі, тепловий розрахунок будівель, теплові властивості матеріалів, питома теплопровідність, теплостійкість, однорідність, зміни, температура, старіння матеріалу, вологість, товщина, умови випробувань, розрахунки, статистичні методи аналізу.</p>	<p>ДБН В.2.6-31:2016</p>	<p>ISO 7345, ISO 8990, ISO 12572, ISO 2602, ISO 2854, ISO 8301, ISO 8302, ISO 9053, ISO 9346, ISO 10292, ISO 16269-6:2005, EN 1745, EN 10088-1, EN 12524, EN 12664, EN 12667, EN 12939</p>
<p>EN 15242 Ventilation for buildings. Calculation</p>	<p>Ці норми включають в себе: повітряний потік, вентиляційне</p>	<p>ДБН В.2.6-31:2016 (частково)</p>	<p>EN 1507, EN 1886, EN 12237,</p>

<p>methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration . Вентиляція для будівель. Методи розрахунку для визначення повітряного потоку в будівлях, включаючи інфільтрацію. Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>обладнання, будівлі, вимір повітряного потоку, математичні розрахунки, системи теплової оболонки, вентиляція, системи кондиціонування повітря, механічна вентиляція, повітря, продуктивність.</p>	<p>ДСТУ Б В.2.2-19:2007 (частково)</p>	<p>EN 12792:2003, EN 13141-5, EN 13779, EN 14239, EN 15251, prEN 15255, CEN/TR 1749, EN 13053, EN 13141-1, EN 13141-2, CR 14378, EN ISO 15927-1, ISO 15927-1:2003, EN ISO 13791, ISO 13791:2004, EN ISO 13792, ISO13792:2005, prEN 15243</p>
<p>EN 13779 Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Система вентиляції незв'язаних з постійним проживанням. Виконання вимог для систем вентиляції та кондиціонування приміщень. Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>Ці норми включають в себе: системи теплової оболонки, повітря, класифікація систем, теплове проектування будівлі, тепловий комфорт, якість, системи кондиціонування повітря, вентиляція, обладнання для кондиціонування повітря, вентиляційне обладнання, ефективність (продуктивність), будівлі, умови експлуатації, споживання енергії .</p>	<p>ДБН В.2.5-67:2013 (частково)</p>	<p>EN 308, EN 12097, EN 12599:2000, EN 12792:2003, EN 13053:2006, prEN 15232, EN 15239, EN 15240, EN 15241, EN 15242, EN 15251:2007, EN ISO 7730, ISO 7730:2005, EN 779, EN 1505, EN 1506, EN 1507, EN 1751, EN 1886,</p>

			EN 12237, EN 12464-1, EN 13030, EN 13829, ISO 9972:1996, CR 1752, CEN/TR 14788, EN 15193, prEN 15243:2005, prEN 15459, EN ISO 7726, ISO 7726:1998, ISO/DIS 16814, Council Directive 99/30/EC
EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Внутрішньо-кімнатні екологічні вступні параметри для проектування та оцінки енергетичних характеристик по відношенню до якості повітря, теплове середовище, освітлення і акустика. Прийнято 31 липня 2008	У цьому стандарті вказані внутрішні параметри середовища в приміщеннях, які впливають на енергоефективність будівель. - як встановлювати внутрішні вхідні параметри середовища для розрахунку конструкції будівлі та енергоефективності. - методи для довгострокової оцінки внутрішнього середовища, отримані в результаті розрахунків або вимірювань. - критерії вимірів, які		EN 12464- 1:2002, EN 12599, EN 12792:2003, EN 12831, EN 15193, EN 15241, EN 15242, prEN 15255, prEN 15265, EN ISO 7726, ISO 7726:1998, EN ISO 7730, ISO 7730:2005, EN ISO 8996, ISO 8996:2004, EN ISO 9920, ISO 9920:1995, EN ISO 13731:2001, ISO 13731:2001, EN ISO 13790,

	<p>можуть бути використані, якщо потрібна перевірка відповідності.</p> <p>- визначаються параметри, які будуть використовуватися для моніторингу і відображення внутрішнього середовища в існуючих будівлях.</p> <p>Цей стандарт застосовний, головним чином, в непромислових будівлях, де критерії для внутрішнього середовища встановлюються за допомогою людини, і виробничий процес не роблять істотного впливу на внутрішнє середовище.</p> <p>Стандарт, таким чином, можна застосувати до наступних типів будівель: односімейні будинки, багатоквартирні будинки, офіси, освітні установи, лікарні, готелі та ресторани.</p> <p>У стандарті зазначено, як можна використовувати різні категорії критеріїв для</p>		<p>ISO 13790:2004, ISO/TS 14415, CIE 69, CR 1752, EN 12193, EN 12665:2002, EN 13032, CEN/TR 14788, EN ISO 15927-4, ISO 15927-4:2005, EN ISO 15927-5, ISO 15927-5:2004, DIN 5032, EN 13779, prEN 15203, prEN 15217, EN 15239, EN 15240, prEN 15243, prEN 15378, EN ISO 13791, ISO 13791:2004, EN ISO 13792, ISO 13792:2005, ISO/DIS 16814, 2002/91/EC</p>
--	---	--	--

	<p>внутрішнього середовища. Але їх застосування не є безумовним і залежить від національних правил або специфікацій окремих проектів.</p> <p>Рекомендовані критерії в цьому стандарті також можуть використовуватися в національних методах розрахунку, які можуть відрізнятися від описаних тут методів.</p> <p>Стандарт не наказує методи проектування, але дає в водні параметри для проектування будівель, систем опалення, охолодження, вентиляції та освітлення.</p> <p>Стандарт не включає критерії для місцевих факторів дискомфорту, таких як осад, асиметрія променевої температури, вертикальні різниці температур повітря і температури поверхні підлоги</p>		
--	--	--	--

<p>EN ISO 15927-5+A1 Hygrothermal performance of buildings. Calculation and presentation of climatic data. Data for design heat load for space heating. Використання гідротермальної енергії в будівлі. Обчислення і визначення кліматичних даних. Дані по розрахунку теплового навантаження для опалення приміщень. Прийнято 02 грудня 2005</p>	<p>Ці норми включають в себе: обслуговування будівель, обладнання теплових систем, системи просторового опалення, кліматичне навантаження, вологість, вікна, швидкість, методологію визначення та вимірювання, проектування теплових комунікацій, тепловий захист, тепловий розрахунок будівлі.</p>	<p>ДБН В.2.5-67:2013 (частково)</p>	<p>ISO 6243, WMO No. 8</p>
<p>EN ISO 7345 Thermal insulation. Physical quantities and definitions. Теплова ізоляція. Фізичні величини та вимірювання. Прийнято 15 березня 1996</p>	<p>Ці норми включають в себе: одиниці виміру, визначення, символи, термінологія, теплові властивості матеріалів, теплоізоляція, теплопровідність.</p>	<p>ДБН В.2.6-31:2016 ДСТУ Б В.2.6-34:2008 (частково)</p>	<p>ISO 7345, ISO 9229, ISO 9251, ISO 9288, ISO 9346</p>
<p>EN ISO 9288 Thermal insulation. Heat transfer by radiation. Physical quantities and definitions. Теплоізоляція. Передача тепла радіацією</p>	<p>Ці норми включають в себе: визначення, словник, символи, одиниці виміру, теплоізоляція, теплові властивості матеріалів, теплопередача, радіаційна передача</p>		<p>BS EN ISO 7345, BS EN ISO 9251</p>

(випромінюванням). Фізичні величини та визначення. Прийнято 15 липня 1996	тепла (випромінюванням).		
EN 12792 Ventilation for buildings. Symbols, terminology and graphical symbols Вентиляція для будівель. Символи, термінологія і графічні символи. Прийнято 03 жовтня 2003	Ці норми включають в себе: вентиляція, термінологія, символи, графічні символи, будівлі, системи кондиціонування повітря, обладнання для кондиціонування повітря, вентиляційне обладнання.		EN 779, EN ISO 5135, ISO 5135:1984, ISO 5801, ISO 13349
Остання група стандартів в галузі енергоефективності присвячена системи перевірки і оцінки			
EN 15378 Heating systems in buildings. Inspection of boilers and heating systems. Системи опалення в будинках. Перевірка котлів і систем опалення. Прийнято 30 квітня 2008	У цих нормах вказані процедури і додаткові методи вимірювання, які будуть використовуватися для перевірки і оцінки енергетичних характеристик котлів і систем опалення.		prCEN/TR 15615, EN ISO 15927-1, ISO 15927-1:2003, ISO 13600:1997, ISO 13602-2,2002/91/EC
EN 15240 Ventilation for buildings. Energy performance of	Ці норми включають в себе: системи теплового захисту, вентиляційне	ДБН В.2.5-67:2013 (частково)	EN 12792:2003, EN 14511-1:2004, EN 13779,

<p>buildings. Guidelines for inspection of air-conditioning systems. Вентиляція для будівель. Енергоефективність будівель. Рекомендації по перевірці систем кондиціонування повітря. Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>обладнання, технічне обслуговування, споживання енергії, системи кондиціонування, охолодження, обладнання для кондиціонування повітря, огляд, будівлі, опалення, продуктивність, вентиляція.</p>		<p>prEN 15232, EN 15239, EN 15241, prEN 15378, EN 1886</p>
<p>EN 15239 Ventilation for buildings. Energy performance of buildings. Guidelines for inspection of ventilation systems. Вентиляція для будівель. Енергоефективність будівель. Керівництво по перевірці систем вентиляції. Прийнято 31 липня 2008</p>	<p>Ці норми включають в себе: вентиляція, вентиляційне обладнання, вентиляційні повітроводи, повітря, енергозбереження, енергоспоживання, механічна вентиляція, будівлі, системи управління.</p>	<p>ДБН В.2.5-67:2013 (частково)</p>	<p>EN 12097, EN 12792:2003, EN 12599, EN 13779, EN 15240, EN 15242, 2002/91/EC</p>

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Anon, 2020 climate & energy package - European Commission. Available at: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm

2. Greenhouse gas emission statistics. Eurostat Statistics Explained: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics

3. Good practice in energy efficiency. For a sustainable, safer and more competitive Europe / European Commission/ Belgium, Luxemburg: Publications Office of the European Union, - 2017. - 52p.

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/publication/version2-web.pdf>

4. European Commission, "Directive 2010/31/eu of the european parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)", Official Journal of the European Communities, 2010. – 35 p. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>

5. Andreas Hermelink, Sven Schimschar, Thomas Boermans, Lorenzo Pagliano, Paolo Zangheri, Roberto Armani, Karsten Voss, Eike Musal Towards nearly zero-energy buildings - Definition of common principles under the EPBD. Ecofys, January 2013. – 469 p. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf

6. Groezinger J., Boerman T., Ashok J., Seehusen J., Wehringer F., Scherberich M. Overview of member states information on NZEBs working version of the progress report—final report. European Commission:Ecofys, -2014. – 41p.

<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Updated%20progress%20report%20NZEB.pdf>

7. Passive House Database:<http://passivhausprojekte.de/index.php>

8. L'observatoire des bâtiments basse consommation:
<https://www.observatoirebbc.org/>.

9. ДСТУ А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель».

10. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні».

11. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель».

12. ДБН Б.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

РОЗДІЛ 2. ЗАСАДИ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОНОМНОЇ ЕКОБУДІВЛІ ЗА КОНЦЕПЦІЮ «ПОТРІЙНИЙ НУЛЬ»

2.1. Раціональна архітектурна форма для забезпечення ефективності будівлі

Одним з першочергових питань, що постає перед замовникам – є архітектура та планувальні рішення майбутнього будинку. Досягнення якісних показників енергоефективності, а тим паче «Потрійного нуля» неможливе без оптимізація внутрішнього простору та форми будівлі.

Важливими факторами при роботі над цим питанням – є мінімізація нефункціональних площ, (коридорів, проходів, тощо), раціональне розміщення світлопрозорих конструкцій (вікон), досягнення необхідного рівня компактності.

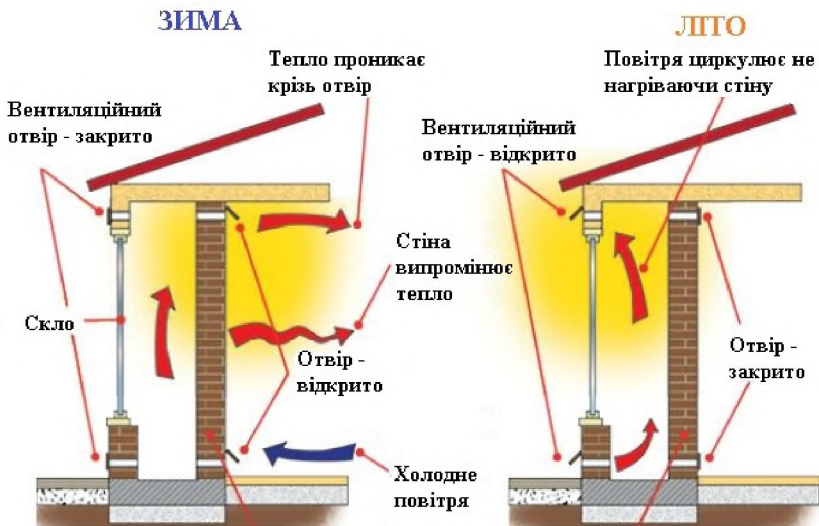
Показник компактності – розрахунковий показник, що визначається відношенням загальної площі внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій A_{Σ} (m^2) до кондиціонованого об'єму будівлі V (m^3), що опалюється (охолоджується) [1]:

$$\Lambda_{bci} = \frac{A_{\Sigma}}{V}, m^{-1}$$

Чим менше площа огорожувальних конструкцій по відношенню до корисної площі будівлі, тим компактніше воно. Найкомпактніша архітектурна форма: напівсфера, що стоїть на землі. Найближчою до напівсфери та практичнішою з точки зору зведення та подальшої експлуатації прийнято вважати кубічну форму.

Індивідуальний активний будинок характеризується коефіцієнтом компактності, що не перевищує 0,6. Цей коефіцієнт буде тим нижче, чим менше периметр, менше в плані будинку еркерів, ніш, впадин і виступів, чим ближче форма площі до квадрату. Те ж саме стосується покрівлі. Краще віддати перевагу простій і пласкій формі. До того ж великий внутрішній об'єм знижує коефіцієнт компактності в порівнянні з відносно невеликим будинком. Це пояснює переважне будівництво енергоефективних будинків, розрахованих на проживання не більше ніж двох сімей.

Застосування пасивного акумулювання тепла за рахунок використання принципу стіни Тромба також дозволяє наблизити показники енерговитрат до стандарту активної будівлі. Традиційна стіна Тромба являє собою масивну, забарвлену в темний колір стіну товщиною 20-40 см, перед якою встановлено скління з багатокамерного енергозберігаючого склопакета. Це спеціальна конструкція, розташована на південному фасаді і призначена для акумуляції сонячної енергії і віддачі її в холодну пору доби.



Масивна стіна виконана з матеріалів високої теплосмності

Рис. 2.1. Принцип дії стіни Мішеля Тромба.

Відстань між склом і стіною може бути від 15 см і більше. Тепло сонця поглинається темної поверхнею і зберігається в стіні, повітряний прошарок підсилює нагрів, оскільки скло запобігає зворотному випромінюванню в атмосферу.

Коли температура в кімнаті падає, тепло повільно передається всередину. У будь-яку пору року стіна працює як комфортний прилад для регулювання мікроклімату. Влітку вентиляційні отвори в склопакеті відкриваються, а отвори, що ведуть до оселі від простору обмеженого склінням - закриваються. Взимку, навпаки, отвори в стіні відкриті, а вентиляційні отвори в склопакеті – закриті. При товщині 40 см стіна нагрівається за 8-10

годин і після заходу сонця віддає тепло. Ця конструкція необов'язкова, але бажана в активному будинку.

2.2. Аналіз та вибір природного оточення і ділянки забудови. Правильне орієнтування за сторонами світу та дотримання вимог раціональної інсоляції

Залежно від умов місцевості необхідно передбачити максимальну інтеграцію майбутнього будинку в навколишнє середовище. Мова йде не лише про злиття дизайну зовнішнього опорядження з природнім ландшафтом. Потрібно врахувати місцеві культурні та інфраструктурні особливості. А також необхідно забезпечити раціональне природокористування із задоволенням усіх потреб будівлі за рахунок відновлювальних ресурсів, рекуперацією дощової води, переробкою експлуатаційних відходів, дотриманням рівня викидів в атмосферу $\leq 7\text{кг/м}^3$ відповідно до стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням.

При розміщення будівлі треба уникати падіння тіні від сусідніх будівель на південний фасад. Не підійдуть ділянки, розташовані на північному схилі (не вдасться повною мірою скористатися південним сонцем) або вершині пагорба (тепловіддачу стін і даху збільшить обдування вітром). Що стосується насаджень, то з півдня краще повністю обійтися без дерев (хоча не виключено використання листяних порід). Із західного і східного боків будинку

можуть рости як листяні, так і хвойні дерева. З півночі в якості вітрозахисту ближче до стін корисно посадити хвойні.

Під час орієнтування будівлі за сторонами світу враховують кліматичні умови місця забудови [2], функціональне призначення кожної кімнати та санітарно-гігієнічні вимоги щодо інсоляції приміщень. Площа світлопрозорих конструкцій повинна відповідати нормам природного освітлення згідно з ДБН В.2.5-28 [3]. Інсоляційний режим приміщень має відповідати вимогам ДСП 173-96 [4]. При цьому надходження зайвої сонячної радіації у жаркий період року повинне бути мінімізоване згідно з ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 [5] за рахунок використання маркіз, жалюзі, звісів даху, вертикального озеленення тощо.

Оптимальне використання сонячної енергії досягається розміщенням більшості світлопрозорих огорожувальних конструкцій на південь. Покрівля, що обладнана сонячними колекторами чи фотовольтаїчними панелями має бути спрямована суворо на південь під нахилом 30° для максимальної продуктивності. Не рекомендується розташовувати вікна житлових приміщень на захід для уникнення перегріву. Площа скління південного фасаду може досягати 70 % площі всіх світлопрозорих конструкцій. Однак, частка скління південного фасаду не має перевищувати 40% від його загальної площі. Можна передбачити висадження листяних дерев для захисту від сонця влітку. Однак вони мають бути невисокими і висаджені на відстані одне від одного. В зимовий період дерева втратять листву і дозволять сонцю

проникати в приміщення. Частка вікон, що спрямовані на схід та захід не повинна перевищувати 30% від загальної площі скління будівлі. На заході можна передбачити балкон або еркер для захисту від сонця в літній період.



Рис. 2.2. Приблизне орієнтування приміщень за сторонами світу в залежності від функціонального призначення

Загальна схема проектування приміщень за сторонами світу представлена на рис. 2.2. На півдні зазвичай розташовують кімнати в яких мешканці проводять велику кількість часу: вітальня, дитяча, столова. Можливе влаштування тераси чи зимового саду. Спальні рекомендовано розміщувати на південному сході чи на сході. Однак необхідно враховувати індивідуальні потреби та режим відпочинку

мешканців. Кухня зазвичай розташовується на північному сході через наявність обладнання та процесів приготування їжі, які вивільнюють тепло. Кабінет бажано розміщувати на південному сході, проте іноді треба враховувати звичний для людини час користування цим приміщенням. Всі допоміжні (опалювальні-господарські) та технічні неопалювальні приміщення (котельня, гараж) рекомендовано розміщувати на північ. Вони будуть відігравати роль буферних зон і створювати додатковий теплозахист. На захід орієнтують приміщення із суцільними стінами без отворів (кладові), комунікаційні приміщення (сходи коридори). Таким чином не допускається перегрів внутрішнього простору в другій половині дня.

Світлопрозорі конструкції мають забезпечувати максимальне залучення зимового «низького сонця» до оселі з урахуванням падіння променів на матеріали внутрішнього оздоблення, що здатні акумулювати тепло. Вони мають бути розміщені в глибині приміщення, темно забарвлені та мати підвищену теплоємність. Такі матеріали повільніше віддають протягом ночі накопичене вдень тепло і здатні нівелювати перепади температури. Наприклад, гіпсові листи ($\rho=800 \text{ кг/м}^3$) володіють питомою теплоємністю $0,84 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{С}^\circ)$, в той час для деревини ($\rho=500 \text{ кг/м}^3$) характерна величина $2,3 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{С}^\circ)$.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 30 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127с.
3. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. – 76 с.
4. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: ДСП 173-96. – [На заміну СН 245-71; чинні від 1996-06-19]. – К. : МОЗ України, 2002. – 59 с. – (Санітарні норми і правила).
5. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010 Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення (національний стандарт України) – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 52с.

3. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ ОДНОРІДНОСТІ БУДІВЛІ

Здатність огороджувальної конструкції перешкоджати проникненню тепла з оселі до навколишнього середовища характеризується приведеним термічним опором (R_{Σ} , Вт/(м²·К), який враховує теплопровідність і товщину кожного шару конструкції. Значення цього параметру має бути не нижче нормативного - $R_{q \text{ min}}$, м²·К/Вт. В цілому стандарти пасивного і активного будинку випереджають вітчизняні нормативи за цією характеристикою (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Значення мінімального приведенного термічного опору для України та країн ЄС

Вид огороджувальної конструкції	Країни ЄС		Україна
	Пасивний будинок	Активний будинок 2020	2020
	Значення $R_{q \text{ min}}$, м ² ·К/Вт		
Покриття опалювальних горищ та покриття мансардного типу	$R \geq 8$	$R \geq 10$	$R \geq 4,95$
Зовнішні стіни	$R \geq 4$	$R \geq 5$	$R \geq 3,3$
Перекриття над неопалювальними підвалами	$R \geq 4$	$R \geq 5$	$R \geq 3,75$

3.1. Поняття теплопровідного включення, різновиди «містків холоду»

Важливою умовою досягнення стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням являється ефективна теплоізоляція, що забезпечує *термічну однорідність, герметичність будівлі і комфортний температурно-вологісний режим* приміщень. Для звичайної будівлі характерна різна інтенсивність тепловитрат для кожного типу огорожувальних конструкцій (рис.3.1).

Крім того, навіть ізольована відповідно до чинних норм [1, 2] ззовні будівля може володіти теплопровідними включеннями, що з'являються при наскрізному перетині теплоізоляції конструктивними чи монтажними елементами з високим показником теплопровідності або обумовлені геометричною формою будівлі.

Згідно [1] теплопровідне включення – елемент огорожувальної конструкції, що розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір менший від термічного опору основного поля більш ніж на 20 %. Термічний вплив теплопровідних включень, що визначаються конструктивними особливостями всієї будівлі, при визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару не враховують. Даний термічний вплив враховують при визначенні енергопотреб для опалення та охолодження згідно з [3] та загальних тепловитрат

будинку через огорожувальну конструкцію згідно з [4]. Також при наявності теплопровідних включень необхідно розрахувати температуру внутрішньої поверхні стіни для забезпечення комфортних умов проживання [5, 6].

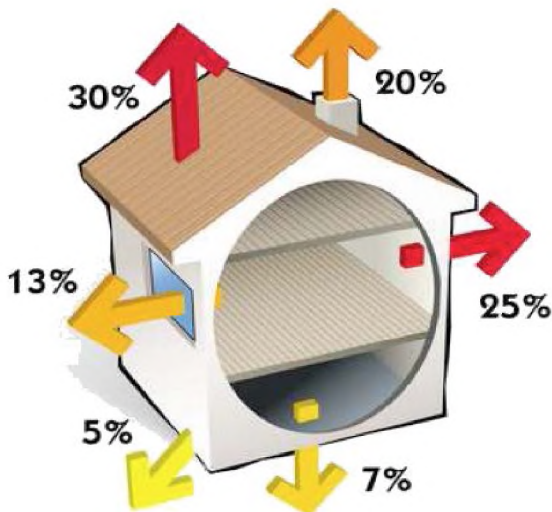


Рис. 3.1. Розподіл тепловитрат звичайної будівлі, утепленої відповідно до діючих стандартів

«Місток холоду» - джерело неврахованих тепловитрат (до 15%) та причина появи конденсату на внутрішній поверхні стіни. Наявність цієї термічної неоднорідності може призвести до погіршення санітарно-гігієнічного стану житла (появи плісняви, грибка) та передчасного руйнування конструкцій внаслідок незадовільних умов їх експлуатації.

Розрізняють теплопровідні включення матеріальні та геометричні або конструктивні. Матеріальні – обумовлені різною теплопровідністю будівельних елементів. Відносяться до відповідного типу непрозорої огорожувальної конструкції: з'єднувальні елементи, дюбелі, кронштейни, закладні деталі, арматурні сітки, віконні відкоси, стики між елементами непрозорої огорожувальної конструкції, елементи жорсткості тощо. Геометричні – визначаються архітектурно-конструктивними особливостями будівлі. До них відносяться міжповерхові та балконні перекриття, колони, пілони, кутові примикання, конструктивне поєднання парапету та покриття, перекриття над неопалюваними підвалами в цокольній частині (рис. 3.2.).

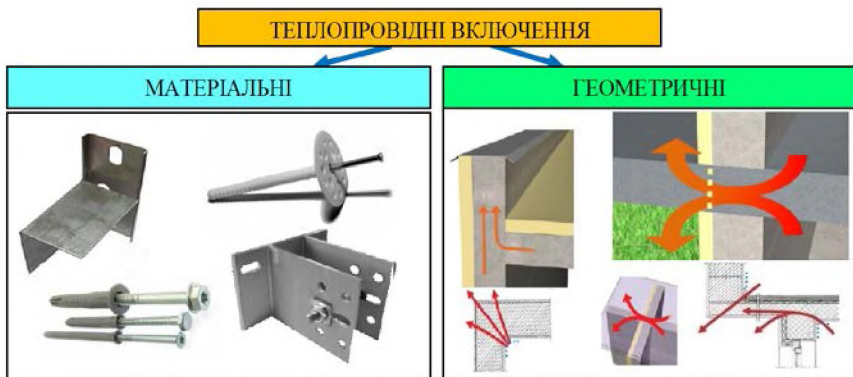


Рис. 3.2. Класифікація теплопровідних включень


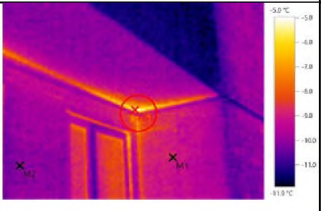
Результати проведених виконавцями проекту у м. Дніпро тепловізійних досліджень згідно з [7] свідчать про розповсюдженість неправильного чи недостатнього утеплення

будівель і наявність численних «містків холоду» [8]. Табл. 3.2 ілюструє інфрачервоне випромінення крізь конструктивне №1 і матеріальне №2 теплопровідне включення при зовнішній температурі -12°C .

Уникнути теплопровідних включень можна на етапі проектування шляхом розрахунку тепловитрат за нормативними документами [3], [4]. Доцільно застосувати тримірне моделювання конструкцій в програмних продуктах *Ansys Fluent Workbench* [9] та *Elcut* [10], які дозволяють виявити особливості розподілення температурних полів у товщі конструкції а також визначити місця інтенсивних тепловитрат та точки роси.

Часто причиною термічної неоднорідності будівлі являється недостатня герметичність конструкцій або теплоізоляційної оболонки, наявність в них тріщин чи неізольованих швів, стиків, конструктивних поєднань. З метою перевірки якості виконаних теплоізоляційних робіт та герметичності в процесі будівництва рекомендовано провести дослідження *Blower Door Test* [11,12].

Таблиця 3.2

№ з/п	Реальне зображення	Термограма	Значення температур, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4
1			$M1 = -8,9$ $M2 = -10,2$ $HS1 = -5$

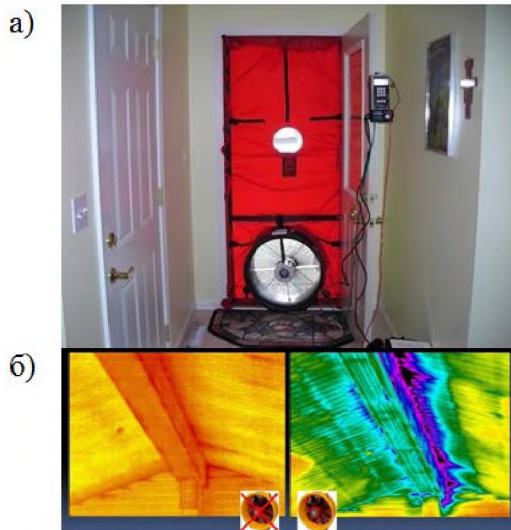
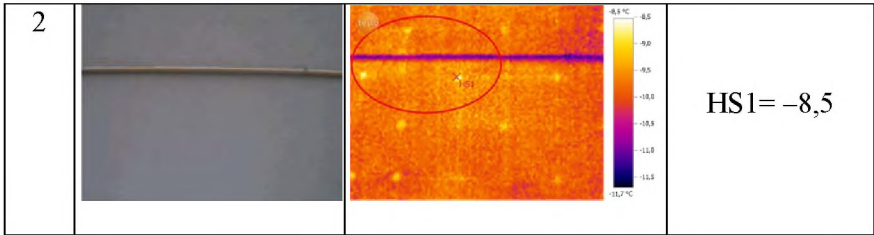


Рис. 3.3. Обладнання для Blower Door Test – а та візуалізація тепловитрат при розрідженні – б

Це комплекс приладів (рис.3.3 (а)) і програмних продуктів для виявлення і визначення рівня інфільтраційних втрат. У європейських нормах з енергозбереження чітко прописані граничні показники негерметичності будівель [13]. Наприклад, для активних будинків цей показник повинен бути не більше $n_{50} = 0,6 \text{ год}^{-1}$. Для вимірювання цього показника використовують спеціальну мембрану

з вентилятором яку встановлюють в дверний проріз на місце входних дверей, інші отвори, (вентиляційні та каналізаційні труби) на час проведення тесту, щільно закривають. За допомогою вентилятора створюється надлишковий тиск або розрідження в будинку в 50 Па і в цей час датчиками вимірюють рівень зміни цього тиску. Чим швидше тиск вирівнюється з атмосферним, тим менш герметичне житло. Під час підвищеного тиску в будинку, при використанні димо-машини, можна візуалізувати проблемні місця.

У холодну погоду (або якщо різниця температур на вулиці та вдома складає 3-5 °С), для пошуку витоків доцільно використовувати тепловізор при розрідженні внутрішнього середовища (рис. 3.3 (б)). Найпроблемніші частини будинку - це найнижча та найвища точки будинку. Через ефект Стека (конвекція) саме у найвищих та найнижчих частинах будинку створюється найбільша різниця тисків порівняно із вулицею.

3.2. Методи усунення термічної неоднорідності огороджувальних конструкцій

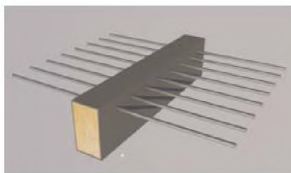
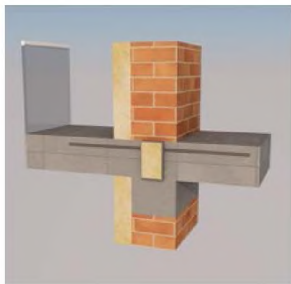
В першу чергу необхідно передбачити встановлення енергозберігаючої конструкції дверних прорізів та трикамерних склопакетів. Примикання стіни та конструкції рами склопакету має бути надійно герметизовано [14].

Якщо майбутня будівля має конструкції, що виступають за площину фасаду (балкон, еркер, лоджія, тераса, парапет) необхідно передбачити заходи щодо їх теплоізоляції. Для цього можна застосувати класичну зовнішню теплоізоляцію (Рис. 3.4 а)) [15] або теплоізоляцію з використанням закладних армованих теплоізоляційних елементів (Рис. 3.4 б), в)) [16], [17].

Досить вразливою з теплотехнічної точки зору являється цокольна частина будівлі в місці поєднання плити перекриття над підвальним приміщенням з фасадом будівлі. Наявна теплоізоляція зовнішньої стіни зазвичай підвищує інтенсивність тепловитрат в зоні цоколю так як через різкий перепад між значеннями теплопровідності на границі ізоляції щільність теплового потоку зростає (рис. 3.5.).



а)

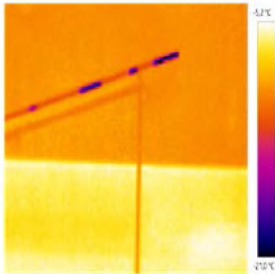


б)



в)

Рис.3.4. Заходи направлені на мінімізацію «містків холоду»: а) зовнішня теплоізоляція балконних плит та дахового парапету пінополістиролом; б) застосування закладних армованих теплоізоляційних елементів вітчизняного зразка; в) встановлення імпортованих теплоізоляційних елементів фірми Schock в зоні конструктивного поєднання плити покриття і дахового парапету



а)



б)



Рис. 3.5. Підвищені тепловитрати цокольної частини будівлі внаслідок недостатньої ізоляції: а) інфрачервоне зображення; б) фото фасаду

Рис. 3.6. Теплоізоляція заглибленої частини

Для уникнення появи теплопровідного включення необхідно передбачити однорідну теплоізоляцію заглибленої частини будівлі, яка переходить в фасадну теплоізоляцію(рис. 3.6.) [18].

Наскрізні монтажні елементи, металеві закладні деталі, дюбелі, анкери, які виконують несну функцію мають бути ізольовані або виконані з композитних чи полімерних матеріалів, що володіють низьким коефіцієнтом теплопровідності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Anon, 2020 climate & energy package - European Commission. Available at: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm.

2. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель : ДСТУ Б В.2.6 – 189:2013 – [Чинний від 01-01-2013]. – К. Мінрегіонбуд України, 2013. – 56с. – (Національний стандарт України).

3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні . – [Чинний від 01-01-2016]. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 140 с. – (Національний стандарт України).

4. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції : ДСТУ – Н Б А.2.2-5:2007.– [Чинний від 07-01-2008]. – К. Мінрегіонбуд України, 2008. – 44с. – (Національний стандарт України).

5. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – [Чинний від 01-03-2008]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 21 с. – (Національний стандарт України).

6. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення : ДСТУ ISO 10211-2:2005. – [Чинний від 01-03-2008]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 17 с. – (Національний стандарт України).

7. Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT): ДСТУ Б EN 13187 :2011. – [Чинний від 01-01-2013]. – К. : Мінрегіон України, 2012. – 28 с. – (Національний стандарт України).

8. Experimental and numerical thermal analysis of joint connection «floor slab – balcony slabe» with integrated thermal break /К. Dikarev, A. Berezyuk, O. Kuzmenko, A. Skokova // Energy Procedia, 2016. – № 85. – P. 184 – 192. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215029902>

9. Ansys Fluent Software:
<http://www.ansys.com/Products/Fluids/ANSYS-Fluent>

10. Elcut. Комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов: https://elcut.ru/feat_r.htm

11. Прозаровская М.А., Панитков О.И. Влияние кратности воздухообмена на эксплуатационные характеристики на примере «активного дома» // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 10. – С. 70-73;

12. Blower Door Test. Тест на герметичність (Аеродвері): <http://ecotown.com.ua/slovnnyk/test-na-hermetychnist-aerodveri-blower-door-test/>

13. Active house – the specifications for residential buildings [Електроний ресурс]: <http://www.buildup.eu/en/node/44110>

14. ДСТУ Б В.2.6-79:2009. Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкцій стін. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 42 с. – (Національний стандарт України).

15. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови : ДСТУ Б В.2.6-36:2008. – [Чинний від 27-11-2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 36 с. – (Національний стандарт України).

16. Пат. 112913 Україна, МПК Е 04 В 1/74. Спосіб улаштування енергозберігаючого конструктивного вузла «балконна плита - зовнішня огороджувальна конструкція - плита перекриття» /А.М. Березюк, К.Б. Дікарев, А.О. Скокова, О.М. Кузьменко, Д. Л Волчок, Д. Ю. Лісняк заявл. 08.02.2016; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1.

17. Schock. Innovative building solutions / Schock // Experts in thermal bridging solutions. – 2012. – Режим доступу: <http://www.schock-us.com/>

18. Foamglas. Isolation thermique durable des murs extérieurs enterrés. Suisse : Pittsburgh corning . - 2008, - 8 p.

РОЗДІЛ 4. ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1. Оптимальне рішення по будівельним матеріалам

Мінімізація використання енергії є центральним завданням у галузі сталого будівництва. До інших важливих завдань слід віднести мінімізацію використання природних ресурсів та максимізацію потенціалу переробки. У будівлях з низьким енергоспоживанням збережена енергія припадає на значну частину загального споживання енергії будівлі. Тому також важливо звернути увагу на вибір будівельних матеріалів, при проєктуванні еко-енерго-ефективних будівель.

Екологічними матеріалами називають такі матеріали, які знижують вплив на навколишнє середовище шляхом зниження виділення токсичних речовин при обробці, використанні, переробці та утилізації матеріалів. Ці матеріали не несуть загрозу для здоров'я мешканців будівлі та водночас сприяють поліпшенню мікроклімату в приміщенні. До критеріїв, які зазвичай використовуються для визначення екологічності будівельних матеріалів, відносяться наступні:

- *Енерговитрати та емісія парникових газів.*

Іntenсивно споживачи енергетичні ресурси та виробляючи забруднюючі відходи та викиди, будівельна галузь дуже сильно впливає на навколишнє середовище. Для виробництва більшості

матеріалів та конструктивних елементів будівель (наприклад, металевої фольги, поліхлорвінілових віконних рам, пінополістиролу, бітумних покриттів і т.д.) потрібен значний запас енергії. Сам процес виробництва, переробки або утилізації будівельних матеріалів супроводжується виділенням парникових газів (зокрема, вуглекислого газу CO_2). Такі матеріали, як деревина, вапно або глина, зустрічаються в природі і можуть добуватися без особливих зусиль і споживання енергії. Чим простіше видобуток, обробка та очищення сировини при виробництві матеріалу, тим менше витрата енергії і нижче обсяг викидів парникових газів. Матеріали, що виробляються за технологіями з використанням поновлюваних джерел енергії (вода, вітер, сонце) значною мірою сприяють зниженню впливу на навколишнє середовище.

- *Шкода здоров'ю людини та забруднення навколишнього середовища.*

Виробництво будівельних матеріалів супроводжується викидами не лише парникових газів, а також кислих газів, які сприяють утворенню опадів у вигляді кислотних дощів. Наприклад, цементна промисловість - один з основних промислових джерел емісії CO_2 і оксиду азоту. Негативно впливають на здоров'я людей у процесі будівельно-монтажних робіт та експлуатації будівлі матеріали, які виділяють пил, пило- або газоподібні забруднювачі повітря, а легкі органічні сполуки. Наприклад, виділення формальдегіду з пресованих дерев'яних плит (МДФ, ДВП) може викликати алергічну реакцію людини. Фталати, які можуть

виділятися з вінілових шпалер, можуть завдати шкоди ендокринній системі. Піклуючись про якість повітря в приміщенні, при виборі будівельних матеріалів необхідно віддавати перевагу натуральним матеріалам, що не містять хімічні речовини.

- *Місцева сировинна база та виробництво.*

Виготовлення будівельної продукції з використанням місцевої сировини сприяє поліпшенню навколишнього середовища за допомогою зниження енергоспоживання при транспортування продукції, тим самим скорочуючи рівень викидів CO₂.

- *Повторне використання і переробка матеріалів (рециклінг).*

Необхідно розробляти конструктивні елементи таким чином, щоб їх частини легко збиралися при будівництві і легко розбиралися під час демонтажу конструкцій (для переробки та повторного використання). Деякі матеріали можуть бути повторно використані, наприклад, волокна целюлози (що використовуються для ізоляції) або керамічна і цементно-піщана черепиця. Високий потенціал до рециклінгу має деревина, папір, картон тощо. Наприклад, з елементів несучих дерев'яних конструкцій після ліквідації будівлі можна виготовляти меблі, теслярські вироби або біопаливо. З іншого боку, переробка певних конструкцій дуже проблематична, наприклад, залізобетон, азбестоцементне покрівельне покриття, теплоізоляційні плити. Існують також матеріали, які взагалі не підлягають переробці, зокрема пінополіуретанова теплоізоляція.

Такі матеріали є потенційно небезпечними для навколишнього середовища і їх астосування слід уникати..

- **Довговічність.**

Вибір довговічних матеріалів сприяє скороченню кількості матеріалів, що викидаються на звалища після ліквідації будівлі, а також скорочує обсяг сировини та споживання енергії, необхідних для виробництва нових матеріалів. Наприклад, термін експлуатації синтетичного покриття підлоги становить близько 10 років, дерев'яного паркета близько 50 років, камінь є дуже довговічним матеріалом.

Важливими характеристиками будівельних матеріалів при проектуванні сталого житла є:

- **коефіцієнт теплопровідності матеріалу** - ця характеристика дорівнює кількості теплоти, що проходить через однорідний зразок матеріалу одиничної довжини і одиничної площі за одиницю часу при одиничній різниці температур (1 К). В системі СІ одиницею вимірювання коефіцієнта теплопровідності є Вт/(м·К). Іншими словами на скільки **енергоєфективна** буде оболонка будівлі великою мірою залежить від даного показника. Рекомендоване мінімальне значення коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу 0,07 Вт / (м · К);

- **паропроникність** - здатність матеріалу пропускати або затримувати пар в результаті різниці парціального тиску водяної пари при однаковому атмосферному тиску по обидва боки

матеріалу. Паропроникність характеризується величиною коефіцієнта паропроникності або величиною опору паропроніцанню при впливі водяної пари. Коефіцієнт паропроникності вимірюється в $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$. Якщо у зовнішньої поверхні стіни розташований шар матеріалу, що не пропускає або погано пропускає водяні пари, то волога починає накопичуватися на кордоні паронепроникного шару, викликаючи відсиріванню конструкції, що призводить до утворення плісняви, що є негативним фактором як для конструктиву, так і для **якості внутрішнього клімату будівлі**, а як наслідок здоров'я мешканців. Це дуже розповсюджена проблема при застосуванні високо енергоефективних матеріалів, що «не дихають», тому необхідно передбачати встановлення паробар'єру;

- **склад матеріалу** – важлива характеристика в контексті **екологічних** показників та оптимізації **життєвого циклу будівлі**. Звичайно прийнятне при декларуванні екологічності будівлі, максимізувати використання природних матеріалів, з мінімальним компонентним складом в усіх типах конструкцій та елементів інтер'єру будівлі. Варто звернути увагу на матеріали реціклінгу та матеріали рослинного походження. Сьогодні доступний широкий спектр енергоефективних будівельних матеріалів та нових досягнень у еко-будівництві, які економічно доступними, більш ефективними та екологічними.

З огляду на вищенаведені вимоги та критерії до екологічних матеріалів розглянемо декілька технологій, які можна

використовувати при будівництві екологічного, енергоефективного та сучасного будинку.

- **Біорозкладні матеріали.** Натуральні біорозкладні матеріали є екологічно-чистими і тим самим не шкодять навколишньому середовищу і сприяють зменшенню формування великої кількості відходів. Відповідним прикладом може бути будівництво з соломи та глини (рис. 4.1), використання натуральних фарб і штукатурок. Деревина є натуральним поновлюваним матеріалом, який використовується для зведення каркасу будівлі. Тим не менше масова вирубка призводить до того, що дерево складно назвати екологічним в повному сенсі. Тому дуже важливим є впровадження системи «розумного» менеджменту лісів для забезпечення потреб у деревині та своєчасним її поновленням.

- **Пресована земля.** Використання пресованого ґрунту в якості будівельного матеріалу є однією з найдавніших технологій. Суміш вологої землі і твердих частинок з глини та гравію в поєднанні з в'язким, дають міцний матеріал - ґрунтобетон. Будівництво з використанням пресованого ґрунту або ґрунтобетону утворює менше викидів, ніж класичний будівельний процес (рис. 4.2).

- **Натуральні утеплювачі.** Суть натуральних утеплювачів полягає в їх природному походженні і екологічній безпеці. Прикладом може послужити камка (рис. 4.3), очеретяний утеплювач з природних матеріалів, або целюлозний і бавовняний

утеплювач з перероблених матеріалів (в цьому випадку використовують перероблений одяг, папір або газети. Останні утеплювачі є хорошим прикладом рециклінгу, оскільки, наприклад, целюлозний утеплювач в середньому складається на 75-85% з переробленого матеріалу.



Рис. 4.1. Зведення дерев'яного каркасу з утепленням соломною



Рис. 4.2. Грунтоблоки



Рис. 4.3. Натуральний утеплювач камка, який робиться з морських водоростей

4.2 Огляд та характеристика екологічних будівельних матеріалів України

В контексті запропонованої концепції «Потрійний нуль» перспективними напрямками є застосування будівельних матеріалів на основі відходів сільськогосподарського виробництва та побутових відходів. До ресурсних матеріалів сільськогосподарських відходів можна віднести **солону** злакових культур, **коноплі**, **льону**, **очерет**. Дані матеріали можуть як застосовуватися в монокомпонентних ізоляційних і конструктивних елементах так і в складі полікомпонентних матеріалів. Також отримали розвиток

будівельні матеріали на основі побутових відходів такі як наприклад - декоративне дерево з газет, черепичний матеріал з підгузків, декоративні панелі з використаних винних пробок. Всі дані матеріали вже виробляють в індустріальних масштабах. Крім того в світі зустрічається безліч новаторських і оригінальних ідей застосування побутових відходів в будівництві, які відповідають самим передовим концепціям і стандартам, але поки не набули масового поширення. До таких рішень можна віднести: застосування скляної тари, металевих банок, покришок, палетів.

Найбільш перспективним в Україні є розвиток виробництва і широке застосування будівельних матеріалів на основі сільськогосподарських відходів. Існує кілька досліджень по всьому світу в області застосування рослинних солом'яних матеріалів в будівельному секторі. Теплофізичні характеристики матеріалів на основі матеріалів рослинного походження наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Матеріал	Об'ємна маса, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	Міцність на стиск, МПа
різка очерету	400	0,12	-
	300	0,09	-
	260	0,078	-
	220	0,06	-
солома злакових культур пресована	150-250	0,09	-
	90-110	0,045	-
	73-85	0,04-0,05	-
	100	0,054-0,065	-
костра коноплі	70-90	0,048-0,06	-
саман ущільнений*	1600	0,6	1,8
саман традиційний	1500	0,5	0,9
саман легкий	1000	0,13	0,8
	900	0,114	0,7
	580	0,073	0,6
	420	0,071	0,5
арболіт з костри коноплі	260	0,075	0,23
	360	0,079	0,41
	400	0,084	0,5

Назва, та призначення в конструкції	Фізичні характеристики	Довговічність	Переваги та недоліки	Викиди CO ₂	Географічне розповсюдження	Переробка	Сировинний склад
Цегла керамічна (глиняна), огорджувальні несучі та самонесучі конструкції	Питома вага – 2100-2400 кг/м ³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,2-0,46 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 2,5(M25) – 50 (M500) МПа Морозостійкість – 15(F15)-100(F100) циклів Водопоглинення – 8 – 12%	При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу, термін служби складає від 100 років.	Переваги: - розмаїття кольорів і форм; - гарна звукоізоляція; - екологічний; - висока вогнестійкі. недоліки: - можливі висоли; - може легко пошкоджуватися при транспортуванні	У процесі випалу, при температурі 750-900 С ⁰ , при розкладанні і карбонатів виділяється значна кількість CO ₂	Виробництво в Україні розташовано: - Суми, Сумська область, підприємство Карамейня; - Луцьк, Волинська область, підприємство Євротон; - Суми, Сумська область, підприємство СБК; - Біла Церква, Київська область, підприємство ТОВ «Білоцерківські матеріали»	- відсіпання ґрунтових доріг; - застосування в якості декоративного оздоблення; - застосування в якості тепло-звукоізоляції; - при влаштуванні дренажного шару.	Різні глини (в основному середньої жирності)

<p>Натуральне дерево, елементи каркасу, та декоративні елементи</p>	<p>Питома вага – 0,15 - 1,28 г/см³ Міцність на стиск – від 40 до 80 МПа Коефіцієнт теплопровідності – від 0,09 до 0,13 Вт/(м·К) Середня вологість – від 38 до 91 % Усушка древини – від 0,2 до 5 %</p>	<p>При дотриманні температурно-вологісного режиму строк служби може складати від 5 до 250 років.</p>	<p>переваги: - мала щільність при відносно високій міцності; - хороша оброблюваність ріжучими інструментами; - висока тепло і звукоізоляція; - екологічність. недоліки: анізотропність; - загнивання; - ушкодження комахами; - загоряння в несприятливих умовах служби.</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі заготівлі лісу і при його транспортуванні</p>	<p>Виробництво в Україні розташовано: - Вінницька обл., м Козятин, підприємство Агроліс; - Кіровоградська обл., м. Олександрівка, підприємство Олександрівське лісове господарство; - Харківська обл., Балаклійський р-н, м Балаклія, Балаклійське лісове господарство.</p>	<p>- в якості вихідного матеріалу для виробництва меблів; - повторне використання в будівельних конструкціях</p>	<p>Деревина складається з органічних речовин, до складу яких входять вуглець С, водень Н, кисень О і трохи азоту. В середньому абсолютно суха деревина незалежно від породи містить 49,5% вуглецю, 44,2% кисню (з азотом) і 6,3% водню.</p>
---	---	--	---	---	--	---	---

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Природний камінь, декоративне оздоблення</p>	<p>Питома вага – від 250-2800 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,88 Вт/(м·К) Міцність на стиск – від 2- 350 МПа Пористість – від 1 - 40% Водопоглинання – від 1 – 35%</p>	<p>Залежно від типу породи, умов експлуатації і класу термін служби складає від 5 до 2000 років</p>	<p>переваги: - довговічність; - естетичність; недоліки: - значна питома вага; - можлива; радіоактивність.</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі видобутку каменю, обробки та при його транспортуванні</p>	<p>Виробництво в Україні розташовано: - Закарпатська обл., м. Ужгород, підприємство Андезіт; - Рівненська обл., Костопільський р-н, с. Берестовець, підприємство Берестовський спецкар'єр; - Дніпропетровська область м. Дніпро, підприємство Бєютага.</p>	<p>- в якості декоративного оздоблення; - при влаштуванні дренажу</p>	<p>Практично всі елементи періодичної таблиці в різних комбінаціях.</p>
---	---	---	---	---	--	---	---

<p>Керамічна піна "Керпен", самонесучий теплоізоляційний матеріал огорожувальних конструкцій</p>	<p>Питома вага – 350 -600 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,2-0,4 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 10 - 15 МПа Пористість – 80 - 90%</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 50 років.</p>	<p>переваги: - висока зносостійкість; - мала питома вага; - довговічність. недоліки: - може легко пошкоджуватися при транспортуванні.</p>	<p>У процесі випалу, при температурі 750-900 С⁰, при розкладанні і карбонатів виділяється значна кількість СО₂</p>		<p>- відсіпання ґрунтових доріг; - застосування в якості декоративного оздоблення ; - застосування в якості тепло-звукоізоляції; - при влаштуванні дренажного шару.</p>	<p>легкоплавких глин, перлітів, цеолітів, базальтів і відходів промисловості скlobій, розкривні породи, відходи шліфування скловиробів</p>
---	---	---	---	--	--	---	--

<p>Зидарит, самонесучий теплоізоляційний матеріал огорожувальних конструкцій</p>	<p>Питома вага – 700-850 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,145-0,165 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 2,3 МПа Вогнестійкість 0,75 – 1,5 часа</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 45 років.</p>	<p>переваги: - високі теплоізоляційні характеристики; - простий в монтаж; - добра звукоізоляція. недоліки: - при довготривалом у контакті з вологою середовищем можлива поява грибка.</p>	<p>Викиди CO₂ відбуваються в процесі заготівлі та переробки деревини.</p>		<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Деревини (89%), цементу (10%), води з рідким склом (1%)</p>
---	---	---	---	--	--	---	--

<p>Геокар, самонесучий теплоізоляційний матеріал огорожувальних конструкцій</p>	<p>Питома вага – 250-450 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,047-0,08 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 4 МПа</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 75 років.</p>	<p>переваги: - довговічність; - легкість в монтажі; - має бактерцидні властивості; - висока шумоізоляція; недоліки: - мала поширеність; - середня вогнестійкість.</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі заготівлі та переробки деревини.</p>		<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Торф (85%), стружка і тирса (5%)</p>
---	---	---	---	--	--	---	---

<p>Грунтобетон, огороджувальні несучі та самонесучі конструкції</p>	<p>Питома вага – 1300-1500 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,047-0,08 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 10 - 25 МПа</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 75 та більше років.</p>	<p>переваги: - розповсюдженість і доступність сировини; - довговічність; - вогнестійкість. недоліки: - обмежена поверховість будівлі</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі видобування та формування сировини.</p>	<p>Виробляється в Україні можливо практично у всіх регіонах.</p>	<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Грунт (глин, суглинків, супісків) 90-92%, в'язуче (цемент) 8-10%</p>
--	---	---	--	---	--	---	---

<p>Пресована солома злакових культур, теплоізоляційний матеріал отворювальних конструкцій</p>	<p>Питома вага – 100-150 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,047- 0,05 Вт/(м·К)</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 20 та більше років.</p>	<p>переваги: - поширення і доступність сировини; - екологічність; недоліки: - при намоканні схильні до гниття; - низька вогнестійкість, вимагає обробки антиперенами.</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі вирощування сировини.</p>	<p>Виробляється в Україні можливо практично у всіх регіонах.</p>	<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Солома злакових культур</p>
--	--	---	---	---	--	---	--------------------------------

<p>Легкий саман, самонесучий теплоізоляційний матеріал отгороджувальних конструкцій</p>	<p>Питома вага —400-420 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності — 0,065- 0,071 Вт/(м·К)</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 75 та більше років.</p>	<p>переваги: - простий у виготовленні; - доступність матеріалів; - хороша тепло і звукоізоляція; недоліки: - конструкція будинку вимагає каркас; - тривалий термін висихання;</p>	<p>Викиди CO₂ відбуваються в процесі вирощування сировини.</p>	<p>Виробляється в Україні можливо практично у всіх регіонах.</p>	<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Глина середньої жирності, солома, вода.</p>
---	--	---	---	---	--	---	--

<p>Легкий костробетон, самонесучий теплоізоляційний матеріал отороджувальних конструкцій</p>	<p>Питома вага –350-400 кг/м³ Коефіцієнт теплопровідності – 0,08 Вт/(м·К) Міцність на стиск – 1,2 МПа</p>	<p>При дотриманні технології виробництва і умов експлуатації виробу термін служби складає від 75 років.</p>	<p>переваги: - довговічність; - легкість в монтажі; - вогнестійкість; - висока шумоізоляція; - екологічність. недоліки: - складність у визначенні звідки саме взята костра для бетону.</p>	<p>Викиди СО₂ відбуваються в процесі вирощування сировини.</p>	<p>Виробництво в Україні розташовано: Київ, Києво-Святошинський район, ЖК "Чайка".</p>	<p>Після закінчення терміну експлуатації матеріал розкладається природним шляхом.</p>	<p>Цемент, вапно або гіпс, костра, вода.</p>
--	--	---	--	---	--	---	--

РОЗДІЛ 5. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ СИРОВИНИ

Світовий досвід будівництва та експлуатації енергонезалежних активних еко-будинків свідчить про спільний для різних країн підхід до забезпечення мешканців ресурсами та енергоносіями.

Функціонування інженерно-технічних систем для досягнення стандарту будівлі з нульовим енергоспоживанням базуються на використанні обладнання для тепlopостачання, включаючи гаряче водopостачання і опалення, кондиціонування, а також висушування на основі наступних відновлювальних ресурсів:

1. Сонячної теплоенергетики:

- системи «активного» сонячного тепlopостачання, що використовують «активні» установки на основі сонячних плоских та трубчатих колекторів (рис. 5.1) з циркуляцією теплоносія, в якості якого можуть застосовуватися рідина (вода, розчини солей) і газ (повітря);



Рис. 5.1. Плаский сонячний колектор

- системи «пасивного» сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи споруд використовуються в ролі теплоприймачів сонячної енергії;
- комбіновані системи сонячного теплопостачання, в яких використані елементи «пасивного» і «активного» сонячного теплопостачання.

2. Сонячної електроенергетики, яка може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: термодинамічним і фотоелектричним:

- при термодинамічному методі електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримати використанням традиційних схем в теплових установках, в яких теплота від

згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання;

- сонячна фотоенергетика являє собою пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Принцип дії фотоелектричного перетворювача базується на використанні внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту ділення фотогенерованих носіїв зарядів (електронів і дірок) електронно-дірочним переходом або потенційним бар'єром типу метал-діелектрик-напівпровідник. [1].

3. Кінетичної енергії вітру, що трансформується в електричну шляхом надання рушійної сили вітроколесу з лопатями, яке передає крутільний момент через систему передач валу генератора, який в свою чергу виробляє електроенергію.



Рис. 5.2. ВЕУ з горизонтальною віссю обертання

4. Енергетичних ресурсів біомаси - органічні речовини, які утворюються в рослинах в результаті фотосинтезу і можуть бути використані для отримання енергії, включаючи всі види рослинності, рослинні відходи сільського господарства, деревообробної та інших видів промисловості. У більш широкому розумінні до біомаси відносять також побутові й промислові відходи не завжди рослинного походження, але для яких характерні однакові принципи їх утилізації. Широкого розповсюдження в практиці зведення активних будинків набуло використання для опалення твердопаливних котлів, що використовують пелети, пресовані лісоматеріали. Однак такий вид теплозабезпечення вважають не зовсім екологічно дружнім так як він передбачає процеси згоряння (а отже споживання кисню) та виділення вуглекислого газу (7,3 г еквівалентного CO₂ на 1 мега джоуль енергії [3])– причини парникового ефекту.

5. Низькопотенційної енергії довкілля або енергії побутових теплових виділень, яка може бути перетворена тепловими насосами і передана споживачу для задоволення потреб в опаленні і гарячому забезпеченні. Універсальність теплових насосів полягає у можливості їх застосування влітку в реверсному режимі для кондиціонування внутрішнього повітря. Принцип дії заснований на циклі Карно і використанні теплових pomp.

Теплова помпа – обладнання, що дозволяє відібрати теплову енергію від низькопотенційного джерела, підняти її температурний

рівень і перенести споживачу. Термодинамічно принцип дії теплової помпи аналогічний звичайному холодильнику, який відбирає тепло не з морозильної камери, а з вулиці. Система об'єднує три контури (рис. 5.3):

- зовнішній теплообмінник, що черпає теплову енергію навколишнього середовища,;
- замкнений контур теплової помпи;
- внутрішній теплообмінник, що віддає тепло системам життєзабезпечення будівлі.

В контурі теплової помпи циркулює холодильний агент, який відбирає низькотемпературне тепло ($+4\dots6^{\circ}\text{C}$) зовнішнього контуру, достатнє для закипання і випаровування холодильного агенту. В газоподібному стані речовина агенту потрапляє до компресора – 1, де під дією тиску ($P=16\text{ кг/см}^2$) її температура підвищується до $+65\dots80^{\circ}\text{C}$. Ця тепла енергія передається на потреби споживача (опалення чи забезпечення гарячою водою), речовина агенту охолоджується втрачаючи тепло і змінює агрегатний стан шляхом конденсації – 2. Далі рідина агенту проходить через дросельний клапан – 3, який знижує тиск до 3 кг/см^2 і далі агент знову потрапляє до випарювача – 4 і цикл повторюється [5].

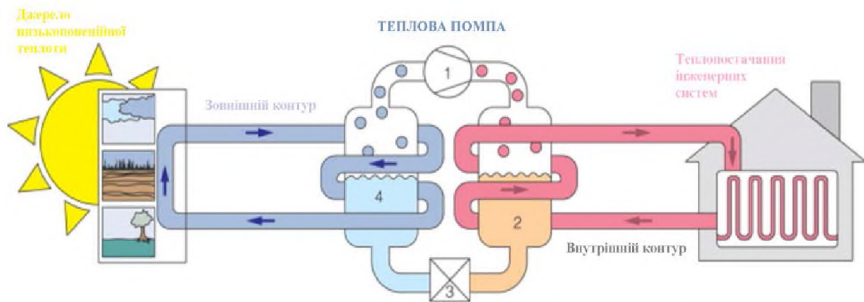


Рис. 5.3. Принцип дії теплової помпи:

1 - компресор; 2 – конденсатор; 3 – дросельний клапан (розширювач); 4 – випарювач.

Для функціонування такої системи необхідно забезпечити електроенергією тільки компресор. При цьому на 1 кВт спожитої енергії, обладнання дозволяє отримати 3-4 кВт теплової енергії.

Джерелами низькопотенційної теплоти, які забезпечують роботу теплопомпових установок і визначають тип обладнання, можуть бути:

- ґрунтова вода, яка зберігає на протязі року постійну температуру на рівні плюс 8–12°C – тип «вода(ґрунту)-вода(оселі)», «вода-повітря»;
- підземний ґрунт на глибині від 2 до 50 м при температурі плюс 10–14°C – тип «ґрунт-вода», «ґрунт-повітря»;
- повітря, у випадку використання ТП типу «повітря-вода», «повітря-повітря (оселі)»;

- морська вода з мінімальною температурою в зимовий період плюс 5–8°C;
- технічна вода систем охолодження ТЕС, АЕС, промислових та інших установок;
- стічні води очисних споруджень населених пунктів тощо.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. AngÃ le Reinders, Pierre Verlinden, Alexandre Freundlich. Photovoltaic solar energy. From fundamentals to applications John Wiley & Sons, UK:West Sussex, - 2017 – 718 p.
2. Кривцов В. С., Олейников А. М. Неисчерпаемая энергия. Книга 2 Ветроэнергетика, - Харьков: ХАИ, 2004. – 225с.
3. Les granulés de bois. Un combustible renouvelable et modern. – 2013. – Режим доступу: <http://www.snpgb.fr/nouvel-article,13.html>
4. John Cantor. Heat Pumps for the Home .Crowood, 2013.-160p.
5. Celeste Allen Novak, Eddie Van Giesen, Kathy M. DeBusk. Designing Rainwater Harvesting Systems: Integrating Rainwater into Building Systems/ John Wiley & Sons, 2014. – 312 p.

6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ БУДІВЛІ З УРАХУВАННЯМ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ТА ПЕРЕРОБКИ МАТЕРІАЛІВ І ВІДХОДІВ.

6.1. Рекуперація тепла відпрацьованих ресурсів будівлі

Навантаження на систему опалення та вентиляції розраховується за методикою [1]. При аналітичному розрахунку проекту активного будинку також мають закладатися параметри системи вентиляції Технічних Умов Альянсу Активних Будівель (Active House Alliance Specifications) [2] і рекомендації Інституту Пасивного Будинку. Відповідно до вимог Інституту пасивного будинку розрахункове значення кратності повітрообміну будинку огорожувальних конструкцій «Активного будинку» складає $n_{50} = 0,6 \text{ год}^{-1}$ ($0,8 \text{ год}^{-1}$ згідно вітчизняних норм [3]).

В такому випадку буде забезпечена необхідна щільність конструкцій, а тип рекомендованої вентиляції – механічна припливно-витяжна з рекуперацією тепла на рівні 75-95% (рис. 6.1). Таким чином виключається необхідність вентиляції за рахунок відчинених вікон і забезпечуються необхідні нормативні вимоги щодо якості повітряного середовища і стабільної внутрішньої температури [3].

Свіже повітря забирається з вулиці і відправляється в теплообмінник, який називається рекуператором. Тут холодне

повітря нагрівається теплим повітрям, яке видаляється з приміщень. Важливо відзначити, що система не змішує відпрацьоване повітря зі свіжим, передача теплової енергії здійснюється безконтактно. Якщо зовнішня температура нижча за $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, можна вмикати калорифер і догрівати повітря до необхідного значення.

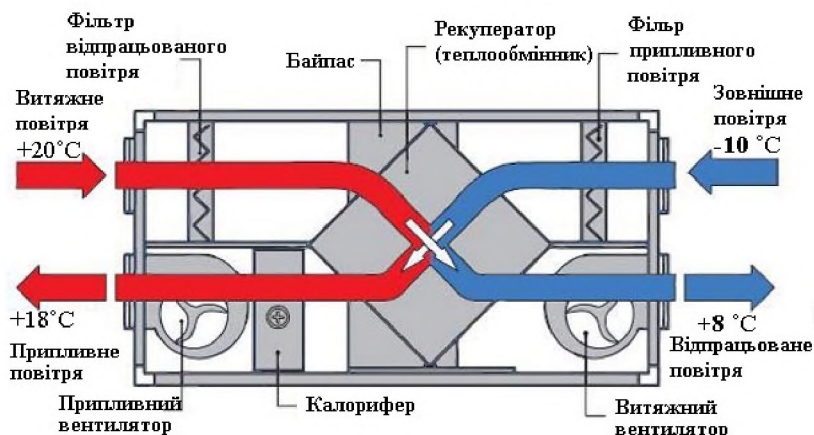


Рис. 6.1. Принцип дії рекуператора

Обладнання для припливно-витяжної вентиляції в основному складається з таких елементів, як:

- зовнішня установка, призначена для забору свіжого повітря з вулиці, обладнана клапаном, що захищає від обмерзання;
- внутрішня установка, яка служить для видалення відпрацьованого повітря на вулицю;

- вентиляційна установка з рекуператором;
- основні канали з датчиками притоку і відтоку;
- анемостати, що дозволяють управляти кількістю припливного і повітря, що видаляється.

Для більшої ефективності можна встановити систему забору зовнішнього повітря через ґрунтовий теплообмінник (рис. 6.2). Таким чином повітря пасивно прогрівається в контурі під землею до 0°C, а потім вже потрапляє до рекуператора. Необхідно передбачити відведення конденсату та регулярну дезінфекцію ґрунтового теплообмінника

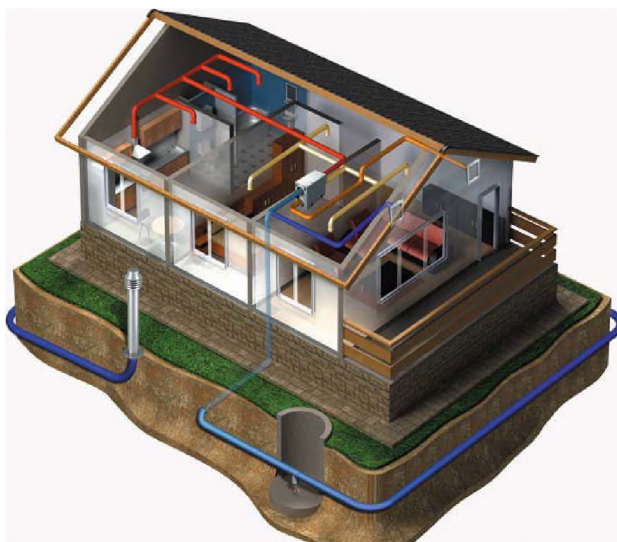


Рис. 6.2. Схема механічної приточно-витяжної вентиляції з ґрунтовим теплообмінником

Важливо, щоб витрати на електроенергію для механічної вентиляції не перевищували економію на опаленні від рекуперації тепла відпрацьованого повітря.

Для більшої енергоефективності рекомендується також встановити рекуператор тепла на систему водовідведення і каналізації.

6.2. Збір та використання дощової води для побутових потреб

Склад дощових вод безпосередньо залежить від ступеня забруднення атмосфери над даною територією. У кращому випадку вона містить в 4 рази менше шкідливих речовин, ніж водопровідна, а показник її жорсткості приблизно в 18-20 разів нижче, ніж у колодязної, тому в побутових приладах не утворюється накип.

Найчастіше дощову воду використовують як технічну, зберігаючи її в наземних утеплених ємностях з поліетилену об'ємом від 750 до 2000 л або підземних резервуарах на 3000 л, які розміщуються нижче глибини промерзання для даної території. Останні перебувають у стабільному тепловому режимі, життєздатність присутніх в воді мікроорганізмів в них знижена. При тривалій відсутності опадів в ємності заливають

водопровідну воду, тому слід передбачити автоматизовану систему їх наповнення для підтримки автономності від централізованого водопостачання. Дощову воду використовують також для зрошення прилеглої земельної ділянки [4, 5].

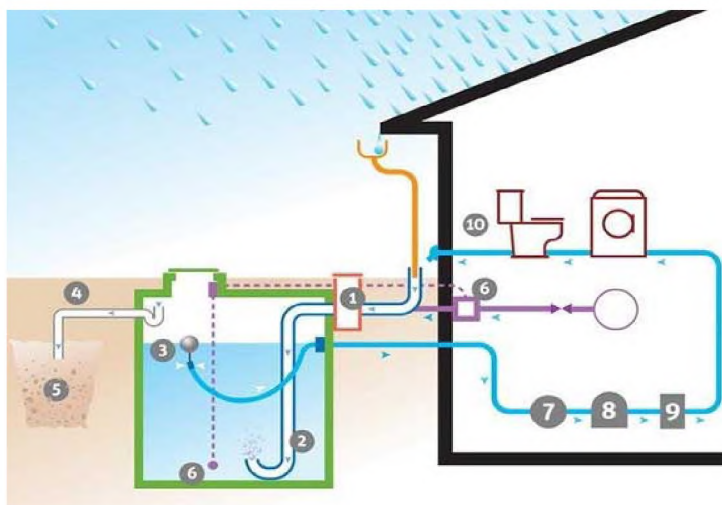


Рис. 6.3. Схема функціонування колектору дощової води: 1- фільтр, 2-подача води в ємність, 3-поплавковий вимикач насоса 7, 4-дренажний перелив, 5-дренажна яма, 6-вимірювач рівня води, 8,9-побутові прилади, 10 - спрямування «сірої» води в біореактор

В якості питної води можна використовувати воду зі свердловин. Для цього треба спочатку здійснити геологічне дослідження ґрунтів, виявити хімічний склад води (придатність до споживання, необхідність встановлення фільтру) і потрібну глибину та кількість свердловин.

Душові і санітарні вузли витрачають до 70% побутової води, решта використовується на прання, прибирання, приготування їжі. Автономний будинок має бути обладнаний водозберігаючими приладами і бажано безводними (біологічно активними туалетами).

6.3. Система очищення стічних вод і органічних відходів із застосуванням біореакторів.

Автономна каналізація повинна бути обладнана власною автоматизованою системою біологічної очистки стічних вод для подальшого їх використанні при зрошенні прибудинкової території [6].

При проектуванні очисних споруд важливо правильно визначити їх потужність, яка повинна дорівнювати величині водоспоживання об'єкта з урахуванням перспективи. Необхідно розрахувати водоспоживання відповідно до вимог ДБН В.2.5-64: 2012 «Внутрішній водопровід і каналізація» [7].

Після визначення потужності очисних споруд необхідно встановити тип установки в залежності від особливостей будинку, вимог до якості очищених стічних вод, способу видалення надлишкового мулу і т.п.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-75: 2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди"[8] очисні споруди відносяться до другої категорії надійності функціонування. Обладнання другої категорії повинне забезпечуватися електроенергією від двох незалежних резервуючих одне одного джерел електропостачання. При проектуванні резервного електропостачання від резервних генераторів їх потужність повинна бути на менше 30% від споживання електроенергії при роботі установки в нормальному режимі (п.9.2.1. ДБН В.2.5-75: 2013).

У проекті передбачити обліково-розподільний щит, від якого буде здійснюватися електроживлення установки, електроосвітлення та електричне опалення приміщення повітродувної. Освітлення приміщень передбачити згідно з вимогами ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [9]. У проекті передбачити робоче, ремонтне та аварійне освітлення і протипожежну сигналізацію.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні . – [Чинний від 01-01-2016]. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 140 с. – (Національний стандарт України).
2. Active house – the specifications for residential buildings [Електронний ресурс]: <http://www.buildup.eu/en/node/44110>.
3. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 30 с.
4. Celeste Allen Novak, Eddie Van Giesen, Kathy M. DeBusk. Designing Rainwater Harvesting Systems: Integrating Rainwater into Building Systems/ John Wiley & Sons, 2014. – 312 p.
5. Heather Kinkade-Levario. Design for Water: Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment, and Alternate Water Reuse/Canadian electronic library: Books collection. New Society Publishers, 2007. – 240 p.
6. Установки глибокої біологічної очистки стічних вод BIOTAL. Електронний ресурс: <http://www.biotat.ua/ru>.
7. ДБН В.2.5-64-2012. Внутрішній водопровід та каналізація. - К: Мінрегіон України, 2013.

8. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. - К: Мінрегіон України, 2013.

9. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006.

Наукове видання

**Микола Савицький
Марина Бабенко
Марина Бордун
Світлана Шехоркіна
Олександра Кузьменко
Микола Котов**

ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЕКОБУДІВЕЛЬ. ПРАКТИЧНИЙ ГІД

Монографія

Підп. до друку 26.11.2019, відп. до рішення Вченої ради ДВНЗ
«ПДАБА» (Протокол № 4 від 26 листопада 2019р.). Формат А4. Папір
офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 6.1. Тираж 300 прим. Зам. № 2817.

*Віддруковано ФОП Обласов В.О.
49015, м. Дніпро, вул. Бесмерівська, 2
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру ДК №2 224 000 0000 125817 від 03.07.2018*

