



ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

(на допомогу викладачам закладів професійної (професійно-технічної) освіти за професіями будівельного профілю)



2
0
2
5



**НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ
У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**



Енергозбереження в будівельній галузі України

**(на допомогу викладачам закладів професійної (професійно-технічної)
освіти за професіями будівельного профілю)**

Харків - 2025

Друкується за рішенням науково-методичної ради Науково-методичного центру професійно-технічної освіти у Харківській області від 23.12.2024, протокол №5.

Автор: Олександр СОЛОВЕЙ, викладач Державного навчального закладу «Ізюмський регіональний центр професійної освіти»

Енергозбереження в будівельній галузі (на допомогу викладачам закладів професійної (професійно-технічної) освіти за професіями будівельного профілю). – Харків: НМЦ ПТО у Харківській області, 2025. – 64 с.

Даний інформаційно-методичний матеріал призначений для викладачів закладів професійної (професійно-технічної) освіти, які викладають предмет «Основи енергоефективності», «Енергозбереження в галузі», з метою формування в учнів, які навчаються за професіями будівельного профілю, професійної компетентності «Оволодіння основами енергозбереження».

У даному випуску розглянуті загальні питання, пов'язані з використанням енергоресурсів у галузі будівництва, державні заходи їх регулювання, сучасні енергозберігаючі матеріали та технології, що використовуються в будівництві, шляхи урахування факторів енергозбереження на етапі проєктування та архітектури будівлі, використання інженерних систем, засоби здійснення енергозберігаючих заходів та організація робіт з енергозбереження на підприємстві та робочому місці.

Матеріал містить пояснення окремих теоретичних положень, питання для самоперевірки, задачі для самостійної роботи, а також зразки розв'язання задач.

Рецензенти:

Олена АЛАТАЄВА, викладач предметів професійно-теоретичної підготовки будівельного профілю Державного навчального закладу "Регіональний центр професійної освіти будівельних технологій Харківської області"

Зінаїда НАЗАРЕЦЬ, методист Науково-методичного центру професійно-технічної освіти у Харківській області.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. Державне регулювання питань енергозбереження в галузі	7
2. Виробництво будівельних та ізолюючих матеріалів	13
3. Технології будівництва	21
4. Проєктування та архітектура	31
5. Інженерні системи	37
6. Стан огорожувальних конструкцій	43
7. Організація енергозбереження на підприємстві та робочому місці.....	55
Список використаних джерел.....	61

ВСТУП

Енергозберігаючі технології невинним стрімким потоком впроваджуються в усіх галузях суспільного виробництва. Створюються нові матеріали і технології, вступають в силу нові закони та форми організації діяльності людей. Їх неможливо не помітити, адже вони зустрічаються на кожному кроці. Але за ними можна не встигнути і назавжди залишитися на узбіччі прогресу. Тому треба робити все, щоб цього не сталося.

Сьогодні мало отримати професію, важливо освоїти і використовувати нові технології виробництва, ресурсо- та енергозбереження. Це дозволить іти в ногу з часом, бути конкурентноспроможним, врешті-решт, мати пристойну роботу.

У даному випуску розглянуто найбільш поширені шляхи енерго- та ресурсозбереження в галузі будівництва. Викладач може самостійно, на власний розсуд, визначити теми для вивчення залежно від професії, яку здобувають учні.

Матеріал буде корисний для викладачів предметів професійно-теоретичної підготовки закладів професійної (професійно-технічної) освіти, які здійснюють підготовку кваліфікованих робітників.

Енергозбереження в будівельній галузі

Зниження енерговитрат в будь-якій галузі суспільного виробництва розглядається як за показниками енергетичного стану держави, так і за екологічними параметрами навколишнього середовища. В умовах ринкової економіки держава дієво може впливати на суб'єкти господарювання шляхом встановлення необхідних норм і вимог у галузях. Пріоритетом розвинутої держави є енергетична безпека, тому вимоги до енергоємності будівельної галузі, енергетичних характеристик будівель є обов'язковою складовою системи загальної безпеки будівельних об'єктів країни.

1. Державне регулювання питань енергозбереження в галузі

Підвищення рівня енергетичної ефективності народного господарства є головною метою у галузі енергетичної політики, економіки та суспільства. Проте реалізація заходів з енергозбереження не може бути повністю віддана на розсуд суб'єктів господарювання. Чисто ринкове рішення може вичерпати лише відносно незначну частку потенціалу економічних можливостей заощадження. Там, де ринкова координація не функціонує, приватні дії необхідно доповнювати державними заходами.

У розпорядженні держави є ціла низка інструментів. При цьому в якості першого слід назвати програми фінансової підтримки, що за допомогою фінансових інструментів стимулюють проведення заходів з підвищення енергоефективності. Зокрема, тут слід згадати про кредитування проєктів з енергозбереження. Частково це обумовлено низьким рівнем платоспроможності фізичних та юридичних осіб в Україні, які через брак власних коштів змушені відмовлятися від інвестицій у подібні проєкти. Окрім того, в «Енергетичній стратегії України на період до 2035 року» зазначається, що держава повинна мінімально інвестувати, але максимально сприяти формуванню стимулюючого інвестиційного клімату. Варто зазначити, що придбання, виготовлення чи застосування підприємствами енергозберігаючих технологій та обладнання кредитується на пільгових умовах. У 2017 році було прийнято Закон «Про Фонд енергоефективності», метою якого є підтримка ініціатив щодо впровадження інструментів стимулювання і підтримки заходів із забезпечення енергетичної ефективності будівель та енергозбереження переважно в житловому секторі з урахуванням національних планів щодо енергетичної ефективності. Створення Фонду енергоефективності дасть змогу Україні отримати від Європейського Союзу кошти для вирішення проблеми енергозбереження. Джерелами наповнення Фонду є кошти з державного бюджету України та донорів.

На окрему увагу заслуговує програма Кабінету Міністрів України «Теплі кредити», де держава відшкодовує частину коштів кредитів для придбання енер-

гоєфективних матеріалів і обладнання.

Відшкодування, яке надається учасникам цієї програми, становлять:

- 20% суми кредиту на придбання негазових/неелектричних котлів для фізичних осіб;
- 35% суми кредиту на придбання енергоєфективного обладнання (матеріалів) для фізичних осіб;
- 40% суми кредиту на придбання енергоєфективних матеріалів та обладнання для ОСББ.

Також широкий спектр енергетичних послуг можуть надавати енергосервісні компанії (ЕСКО), зокрема, розробляти і впроваджувати енергозберігаючі та енергоєфективні проекти, проекти електро- та теплогенерації, а також встановлювати різне енергетичне обладнання. Такі послуги ЕСКО можуть надавати власним коштом або шляхом залучення коштів третіх сторін. Досить часто компанії-замовники оплачують послуги ЕСКО за рахунок заощадженої енергії, проте можливі й інші джерела фінансування.

По-друге, для підвищення рівня енергетичної єфективності застосовуються і інструменти регуляторної політики, як закони, положення чи норми. Важливу роль у регуляторній політиці відіграє нормативна база у сфері енергеєфективності будівель, яка за останні десятиліття пройшла суттєвий шлях розвитку:

- 1994-1996 р.р. – підвищено вимоги до опору теплопередачі огорожувальних конструкцій (у 2,0-2,5 рази) житлових та громадських будівель;
- 2006-2007р.р. – введено в дію нове покоління державних будівельних норм з енергоєфективності будівель;
- 2008-2010 р.р. – створена система норм та стандартів з регламентації вимог та методів контролювання показників енергоєфективності;
- 2012-2014 р.р. – гармонізація з європейськими нормами, імплементація європейських стандартів, розвиток системи норм та стандартів;
- 2015-2016 р.р. – перехід на нормування показників енергоєфективності будівель;
- 2017-2018 р.р. – введення нормативно-правових актів згідно з вимогами Закону України «Про енергетичну єфективність будівель» та Директиви про енергетичну єфективність будівель (EPBD);
- з 2021 р. – встановлення системних вимог з нормування комплексу енергетичних параметрів будівель.

На підставі проведення аналізу існуючих нормативно-технічних документів, технічної літератури, результатів наукових досліджень та досвіду використання чинних національних стандартів розробляється ряд національних стандартів щодо енергетичної єфективності будівель з визначення енергетичних показників, встановлення показників систем опалення та гарячого водопостачання з визначенням їх економічної доцільності та процедури, теплових навантажень

будівель. Так, наприклад, мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель згідно з наказом від 27.10.2020 №260:

- При новому будівництві, реконструкції, що веде до зміни функціонального призначення будівлі, мінімальною вимогою щодо енергетичної ефективності будівлі є клас "С", розрахунок якого здійснюється згідно з Методикою визначення енергетичної ефективності будівель, затвердженою наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлового-комунального господарства від 11 липня 2018 року №169.

- При реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин мінімальною вимогою є виконання умови:

$$EP_{use} \leq 1,2 \times EP_p$$

де: EP_{use} - загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, кВт·год/м², (кВт·год/м³), що розраховується за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель;

EP_p - граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, кВт·год/м², (кВт·год/м³), що наведене у додатку до цих Мінімальних вимог.

Граничні значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель приведені в табл 1.

Таблиця 1. Додаток до Мінімальних вимог енергетичної ефективності будівель.

№ з/п	Призначення будівлі	Граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, EP_p , кВт·год/м ² , [кВт·год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	2	3	4
1	Житлові будівлі поверховістю		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	85	75
	від 10 до 16	75	70
2	Громадські будівлі поверховістю		
	від 1 до 3	$[38^{\wedge}_{буд}+15]$	$[34^{\wedge}_{буд}+13]$
	від 4 до 9	[30]	[25]
	10 і більше	[25]	[20]
3	Інші громадські будівлі		
3.1	Будівлі закладів освіти	$[55^{\wedge}_{буд}+24]$	$[52^{\wedge}_{буд}+23]$
3.2	Будівлі закладів охорони здоров'я	[30]	[26]
Прмітка: $\wedge_{буд}$ – коефіцієнт компактності будівлі, м-1, знаходиться згідно з ДБН в.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»			

Згідно з наказом від 27.10.2020 №261 «Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель запроваджено класи енергетичної ефективності будівель» визначено класифікацію енергетичної ефективності будівель (табл. 2).

Таблиця 2. Класифікація енергетичної ефективності будівель

Клас енергетичної ефективності будівлі	Відхилення розрахункового показника питомого енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні від граничного значення показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодження будівлі, $\Delta_{EP} = 100 \cdot (EP_p - EP_{us}) / EP_{us}$, %
A	$\Delta_{EP} < - 50$
B	$-50 \leq \Delta_{EP} < - 20$
C	$-20 \leq \Delta_{EP} \leq - 0$
D	$0 < \Delta_{EP} \leq 20$
E	$20 < \Delta_{EP} \leq 35$
F	$35 < \Delta_{EP} \leq 50$
G	$50 < \Delta_{EP}$

ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» встановлено мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель (табл. 3).

Таблиця 3. Мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель $R_{q \min}$.

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, $m^2 \cdot K / Wt$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Зовнішні двері	0,6	0,5

Одним з механізмів, який забезпечить розв'язання проблеми енерго-ефективності, є ряд нормативних актів, що дадуть змогу здійснювати державний контроль у цій сфері. Серед них:

- постанова Кабінету Міністрів України від 7 липня 2000 р. № 1071 «Про деякі заходи щодо раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів»;
- постанова Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2008 р. № 935 «Про організацію державного контролю за ефективним (раціональним) використанням паливно-енергетичних ресурсів».

Прийняття регуляторних актів дає змогу забезпечити здійснення більш ефективної державної політики у сфері ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, енергозбереження, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива шляхом врегулювання балансу інтересів суспільства, суб'єктів господарювання та споживачів їх товарів і послуг.

По-третє, слід назвати адекватну цінову чи тарифну регламентацію енергоспоживання. Так, наприклад, Верховною Радою прийнято Закон України "Про електроенергетику", в якому передбачено коефіцієнти "зеленого" тарифу для електроенергії, виробленої альтернативними джерелами енергії. Також запроваджено цінову регламентацію на електроенергію, що споживається підприємствами в нічний час (з метою її більш рівномірного споживання протягом доби). Це зроблено шляхом використання дво – та тритарифних лічильників електроенергії, які в нічний час застосовують нижчий коефіцієнт на спожиту електроенергію.

Для того, щоб позитивно вплинути на поведінку суб'єктів господарювання у плані підвищення рівня енергоефективності, необхідна раціональна комбінація всіх цих інструментів. Так, наприклад, заходи фінансової підтримки будуть успішними лише тоді, коли ціни на енергію також відповідно відображатимуть народногосподарчі витрати і, таким чином, створюватимуть відповідні стимули для зміни способу поведінки.

У міжнародному контексті Україна відзначається надзвичайно низьким рівнем енергетичної ефективності. Величезний потенціал енергозбереження припускає, що вже за допомогою відносно простих засобів можливе суттєве заощадження ресурсів.

Однією з галузей, де з причин наявної неефективності можна очікувати значного обсягу заощадження, є фонд будівель України (житлових та громадських). Встановлено, що вже лише за рахунок відносно простих заходів санації у житловому господарстві можна реалізувати потенціал заощадження теплової енергії у 50% порівняно зі станом без проведення санації. Якщо співвіднести це із загальним обсягом житлового фонду у 19,2 млн. квартир, отримаємо значний обсяг заощадження ресурсів.

В Україні реалізована Галузева програма з енергоефективності у будівництві на 2010-2014 р.р., де дана оцінка сучасного стану нормативного забезпечення будівельної галузі і її відповідність сучасним вимогам ЄС. Розроблено на сучасному рівні комплекс нормативних документів у галузі забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів в напрямку конструктивних рішень огороджувальних конструкцій.

На сьогодні галузь будівництва забезпечена необхідною нормативною та методичною документацією, яка спрямована на підвищення енергоефективності: від проектування об'єктів архітектури – до здачі в експлуатацію та енергетичною паспортизацією об'єктів. Тому на сьогодні пріоритетним для

Мінрегіонбуду є вдосконалення і наближення вимог з проєктування та будівництва будівель до європейських стандартів.

Визначені заходи, що були реалізовані та плануються Міністерством, та в яких у межах компетенції було задіяно Мінрегіонбуд:

- розроблено нормативи питомих показників енергопостачання для об'єктів житлово-цивільного призначення;
- удосконалено нормативно-правову базу з питань будівництва та реконструкції житлових будинків;
- нормативно забезпечується можливість реалізації запланованих інновацій щодо модернізації інженерних систем, у тому числі – заміни застарілих типів котлів на сучасні, встановлення вузлів обліку теплової енергії, палива та регулювання систем теплоспоживання, запровадження у житлово-громадському будівництві технологій на основі автономних систем опалення, відновлюваних альтернативних джерел енергії;
- розроблено програмні продукти для інженерів-проєктувальників, які впроваджують питання енергозбереження в процесі своєї професійної діяльності;
- планується розроблення, експериментальне випробування і впровадження енергозберігаючих опалювально-вентиляційних систем на об'єктах житлово-цивільного призначення;
- запроваджується енергетичний аудит об'єктів житлово-громадського призначення в межах нормативного забезпечення енергопаспортизації.

Таким чином, заходи державного регулювання, спрямовані на підвищення рівня енергетичної ефективності, спричиняють різні позитивні ефекти в галузі економіки та кліматичної політики.

Питання для перевірки:

1. Запропонуйте власний державний механізм чи законопроект з енергозбереження:

- а) з точки зору фінансового стимулювання;
- б) з точки зору нормування витрат;
- в) з точки зору тарифної регламентації.

Основні напрямки реалізації потенціалу енергоефективності будівельної галузі

2. Виробництво будівельних та ізолюючих матеріалів

Виробництво більшості будівельних матеріалів засноване на вогневих процесах, пов'язаних з витратою значних кількостей мазуту, природного газу та коксу, тобто найбільш цінних енергоресурсів. При цьому коефіцієнт ефективного використання даних видів палива в галузі не перевищує 40%.

Найбільша кількість енергоресурсів в галузі будівельних матеріалів споживається при виробництві цементу (рис.1). Найбільш енергоємним процесом у виробництві цементу є відпалювання клінкеру (клінкер-випалена суміш вапняку і глини-сировини для виробництва цементу). При так званому «мокрому» способі виробництва питомі витрати енергоресурсів на відпалювання клінкеру приблизно в 1,5 рази вище, ніж при сухому способі. Тому важливим напрямком енергозбереження є застосування «сухого» способу виробництва цементу з перезволоженої сировини.



Рис.1. Цемент як продукт виробництва будівельних матеріалів.

У виробництві бетону енергозберігаючими є виробництво та впровадження добавок-прискорювачів затвердіння бетону для переходу на малоенергоємну технологію виробництва збірного залізобетону.

Глиняна обпалена цегла була і залишається улюбленим будівельним матеріалом індивідуальних забудовників. Як будівельний матеріал вона використовується більше тисячі років. В багатьох країнах навіть встановлено пам'ятники цеглині як символу надійності та довговічності (рис. 2).

У виробництві цегли енергоефективним є впровадження вакуумованих автоклавів на цегельних заводах, впровадження випалювальних печей панельних конструкцій в суцільнометалевому корпусі для виробництва глиняної цегли.



З метою вирішення питань енергозбереження в будівельній галузі

Рис. 2. Мініскульптура відомій катеринославській цеглі в Дніпрі.

важливим аспектом є випуск будівельних та ізоляційних матеріалів, що знижують тепловтрати через огорожувальні конструкції.

Популярною альтернативою традиційній цеглі є поризовані керамічні блоки. Це міцна клінкерна цегла і теплоізоляція в одному продукті. Блоки ТеплоКерам дуже міцні і широко використовуються в будівництві навіть для зведення несучих стін в багатоповерхових котеджах і будинках. У порівнянні зі звичайною цеглою, поризовані блоки мають більш низьку щільність, завдяки чому у них кращі показники теплоізоляції, а це, у свою чергу, веде до зниження енерговитрат на опалення будинку.

Однією з технологій, що відповідають всім вимогам сучасності є технологія виробництва газобетонних блоків.

Технологія Hebel (Хебель)

Газобетон (або автоклавний комірчастий бетон) складається з кварцового піску, цементу, негашеного вапна і води (рис. 3).



Рис. 3. Основні компоненти газобетонних блоків

Газобетон виготовляється в промислових умовах за допомогою автоклавів, в яких підтримується певні тиск і температура. При змішуванні в автоклаві всіх компонентів з газоутворювачем – алюмінієвою пудрою – відбувається виділення водню, який в 5 разів збільшує обсяг сирової суміші. Мільйони найдрібніших повітряних комірок, які виникають в результаті цього процесу, надають бетону характерну порожнисту структуру. Звідси й походить його назва.

Блоки Хебель(Hebel) застосовують для зведення зовнішніх несучих стін малоповерхових будинків з перекриттями з залізобетонних пустотних плит (до 3-х поверхів), а також стін і перегородок в монолітно-каркасних спорудах. Цей матеріал виробляється на обладнанні та за технологією фірми "Hebel", Німеччина, відповідає вимогам європейських стандартів.

При відносно невеликій густині ($400-500\text{кг/м}^3$) блоки Хебель мають досить високу міцність (до 4МПа). Це дозволяє при малоповерховому будівництві відмовитися від каркасу і перекривати стіни звичайними залізо-бетонними (пустотними) плитами.

Теплопровідні властивості матеріалів характеризуються коефіцієнтом теплопровідності λ , що характеризує здатність речовини, з якої складається дане тіло, проводити тепло.

Чисельно коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·К) визначає собою потужність теплового потоку, що проходить через 1м² поверхні при нерівномірності температури 1К/м. Тобто, якщо коефіцієнт теплопровідності λ бетону рівний 1,4 Вт/(м·К), то це означає, що через один квадратний метр бетонної стіни, товщиною 1м, при різниці температур 1К, протягом 1с передається 1,4 Дж теплоти.

Для різних тіл коефіцієнт теплопровідності має певне числове значення і залежить від структури, густини, вологості, тиску і температури цих тіл.

Точні значення коефіцієнту теплопровідності визначають на основі лабораторних дослідів. Для технічних розрахунків використовують значення коефіцієнтів теплопровідності, що приводяться в довідкових таблицях.

Нижче в таблиці 4 подано дані середні значення коефіцієнта теплопровідності для деяких матеріалів λ (Вт/(м·К)).

Таблиця 4. Середні значення коефіцієнта теплопровідності для деяких матеріалів

Матеріал	Коефіцієнт теплопровідності λ , (Вт/(м·К))
Срібло	418
Чиста мідь	380
Алюміній	230
Сталь, чавун	45 – 60
Бетон суцільний	1,75
Бетон на піску	0,7
Пінобетон	0,3
Скло	1,15
Пісок 0% вологості	0,33
10% вологості	0,97
20% вологості	1,33
Червона цегла	0,55 – 0,8
Силікатна цегла	0,82
Вода (0—100°C)	0,55 – 0,7
Азбест	0,09 – 0,19
Дерево	0,11 – 0,17
Мінеральна вата	0,044
Пінопласт	0,033 – 0,038
Повітря (0—1000°C)	0,024 – 0,075
Аргон	0,0177
Криптон	0,0095
Ксенон	0,0057
Вакуум	0

Коефіцієнт теплопровідності найбільш високий у металів, значно нижчий у неметалевих будівельних матеріалів і досягає особливо низьких значень у пористих матеріалів, що використовуються для теплової ізоляції. Матеріали, які мають $\lambda < 0,20$ Вт/(м·К) прийнято називати теплоізоляційними.

Теплоізоляційні властивості огорожуючих конструкцій характеризуються термічним опором R , який для однорідної стіни визначається формулою:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_в}$$

де d - товщина шару, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни, Вт/(м²·К);

$\alpha_3, \alpha_в$ - коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхонь стіни.

Можна визначити товщину стіни, яка повинна бути, щоб задовольняти вимогам сучасного ДСТУ.

Для зимових умов коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни $\alpha_3 = 23$ Вт/(м²·К), для внутрішньої поверхні стіни $\alpha_в = 8,7$ Вт/(м²·К).

Теплопровідність сучасного газобетону становить $\lambda = 0,12$ Вт/(м·К).

Отримаємо, що достатньою товщиною стіни буде

$$d = \lambda \cdot \left(R - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{1}{\alpha_в} \right) = 0,12 \cdot \left(2,8 - \frac{1}{23} - \frac{1}{8,7} \right) = 0,32 \text{ м}$$

Тому товщина стіни з пінобетону в 40 см не потребує додаткового утеплення і може бути базовим параметром на більшості території України.

Газобетон відноситься до негорючих будівельних матеріалів. Він може використовуватися для утеплення будівельних конструкцій і теплоізоляції при температурі ізолюючої поверхні до +400°C. Численні дослідження, проведені в Швеції, Фінляндії і Німеччині, показали, що при підвищенні температури до +400°C міцність комірчастого бетону збільшується на 85%, межа вогнестійкості плит перекриття і покриття становить 70 хвилин, тобто відповідає міжнародним стандартам.

Значною перевагою газобетонних блоків є широкий асортимент розмірів. Блоки виготовляються товщиною від 50 до 500 мм, що задовольняє потреби будь-яких споживачів і дозволяє зводити стіни без використання допоміжних утеплювачів. Це значно спрощує монтаж і здешевлює конструкцію (рис. 4).



Рис. 4. Монтаж будівлі з газобетонних блоків

Стіна з газобетону за вартістю в 2-3 рази нижче, ніж стіна з цегли, а за якістю значно вище. Більш економічно використовуються транспортні потужності.

Застосування вантажопідйомних механізмів мінімізоване. Точні розміри і рівна поверхня блоків дають значну економію цементного розчину та оздоблювальних матеріалів, а високі теплоізоляційні характеристики забезпечать мінімальне споживання теплової енергії.

Термопанелі «Теплий дім» – це плити з пінополістиролу ПСБ-С-35, на які нанесена кольорова декоративна штукатурка з натуральної мармурової крихти.

Чотиристороннє з'єднання типу «шип-паз» повністю усуває «місточки холоду», завдяки чому ефективність теплоізоляції термопанелями «Теплий дім» фактично вдвічі краща в порівнянні з традиційним «мокрим» способом. Стики плит закривають Т-подібним профілем, також покритим мармуровою крихтою (рис. 5).

Таким чином, система утеплення «Теплий дім» утворює на фасаді суцільний захисний шар, стійкий до сезонних та добових коливань температури, а також впливу опадів. Стики плит відіграють роль деформаційних швів і не допускають утворення тріщин на декоративній поверхні фасаду.



Рис. 5. Термопанелі «Теплий дім»

Задача 1. Оцініть енергетичну ефективність побудови стіни будинку з газобетону, опір теплопередачі якого $3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ в порівнянні зі звичайною стіною з опором теплопередачі $0,84 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Вартість побудови 1 м^2 стіни з газобетону – 700грн. (з урахуванням монтажу). Аналогічна вартість побудови 1 м^2 звичайної стіни – 500грн. При цьому вважатимемо, що середня температура зовнішнього повітря в опалювальний сезон дорівнює $-1,1^\circ\text{C}$, температура повітря в приміщенні 18°C , а тривалість опалювального періоду становить 187 днів. Термін експлуатації 40 років. При згоранні 1 м^3 газу утворюється $8,5 \text{ кВт} \cdot \text{год. тепла}$, вартість газу – $8,55 \text{ грн./м}^3$

Дані для виконання задачі 1 подано в таблиці 5.

Таблиця 5. Дані для задачі 1.

Параметри	Звичайна стіна	Стіна з пінобетону
Термін служби	40 років	40 років

Вартість стіни (з урахуванням монтажу)	500 грн.	700 грн.
Опір теплопередачі (R)	0,84 м ² · К/Вт	3,0 м ² · К/Вт
Тепловтрати і витрати на тепло за сезон	$Q = \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб} \cdot 3600\text{с}}{R} [\text{Вт} \cdot \text{с}] =$ $= \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб} \cdot 3600}{R \cdot 1000 \cdot 3600} [\text{кВт} \cdot \text{год}]$ $= \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб}}{R \cdot 1000} [\text{кВт} \cdot \text{год}]$	
(кВт·год).	19,1°C · 1 м ² · 24год · 187 діб / (0,84 м ² · К/Вт · 1000) ≈ 102 кВт·год.	19,1°C · 1 м ² · 24год · 187 діб / (3,0 м ² · К/Вт · 1000) ≈ 28,6 кВт·год.
(грн.).	102 кВт·год / 8,5 кВт·год/м ³ · 8,55 грн./м ³ ≈ 102,65 грн.	28,6 кВт·год / 8,5 кВт·год/м ³ · 8,55 грн./м ³ ≈ 28,74 грн.
Загальні витрати на стіну та за тепло за 40 років (грн.)	500+102,65·40=4606	700+28,74·40=1849,6
Економія за розрахунковий період		4606-1849=2757грн.
Середня економія в рік		2757 грн. / 40 років ≈ 69 грн. / рік
Орієнтовний термін окупності додаткових витрат на монтаж пінобетонної стіни		(700 грн. - 500 грн.) / 69 ≈ 2,9 роки
Чиста економія на кожну вкладену гривню		2757 / (700-500) ≈ 13,8 грн.

Задача 2. Обчислити термічний опір стіни будинку і визначити втрати теплоти через 1м² її поверхні, якщо стіна складається з гіпсових блоків, товщиною 200мм, з коефіцієнтом теплопровідності 0,3 Вт/(м·К), силікатної цегли, товщиною 125мм, з коефіцієнтом теплопровідності 0,8 Вт/(м·К), шару утеплення з пінопласту товщиною 100 мм з коефіцієнтом теплопровідності 0,04 Вт/(м·К) та шару цементної штукатурки, товщиною 10мм, з коефіцієнтом теплопровідності

0,9 Вт/(м·К). Температуру стіни всередині будинку прийняти 20°C. Зовнішня поверхня стіни оточена повітрям з температурою -20°C. Коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні стіни $\alpha_3 = 23$ Вт/(м²·К), для внутрішньої поверхні стіни $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м²·К). Розрахувати також температуру на межі шарів і побудувати в масштабі графік зміни її по товщині пакета стіни.

Дано:

$S = 1 \text{ м}^2$
 $d_1 = 0,2 \text{ м}$
 $\lambda_1 = 0,3 \text{ Вт/(м·К)}$
 $d_2 = 0,125 \text{ м}$
 $\lambda_2 = 0,8 \text{ Вт/(м·К)}$
 $d_3 = 0,1 \text{ м}$
 $\lambda_3 = 0,04 \text{ Вт/(м·К)}$
 $d_4 = 0,01 \text{ м}$
 $\lambda_4 = 0,9 \text{ Вт/(м·К)}$
 $t_B = 20 \text{ °C}$
 $t_3 = -20 \text{ °C}$
 $\alpha_3 = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$
 $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

$R, g_B - ?$

Розв'язання:

Стіну будинку можна розглядати як багатошарову стінку, з кількістю шарів n , термічний опір якої:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B}$$

де d_i - товщина шару, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м²·К);

α_3, α_B - коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхонь стіни.

В даному випадку:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_B}$$

$$R = \frac{1}{23} + \frac{0,2}{0,3} + \frac{0,125}{0,8} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,01}{0,9} + \frac{1}{8,7} = 3,49 \text{ м}^2\cdot\text{К /Вт}$$

Втрату теплоти через 1 м² стіни визначаємо за формулою:

$$g_B = \frac{t_B - t_3}{R} = \frac{(20 - (-20))}{3,49} = 11,45 \text{ Вт/м}^2$$

Температура на теплій поверхні стіни

$$t_1 = t_B - g \frac{1}{\alpha_B} = 20 - 11,45 \frac{1}{8,7} = 18,68^\circ\text{C}$$

Температуру між першим і другим шарами знайдемо за формулою:

$$t_{ш1} = t_1 - g \frac{d_1}{\lambda_1} = 18,68 - 11,45 \frac{0,2}{0,3} = 11,05^\circ\text{C}$$

Температура між другим і третім шарами:

$$t_{ш2} = t_{ш1} - g \frac{d_2}{\lambda_2} = 11,05 - 11,45 \frac{0,125}{0,8} = 9,26^\circ\text{C}$$

Температура між третім і четвертим шарами:

$$t_{ш3} = t_{ш2} - g \frac{d_3}{\lambda_3} = 9,26 - 11,45 \frac{0,1}{0,04} = -19,36^\circ\text{C}$$

Температура на холодній поверхні стіни:

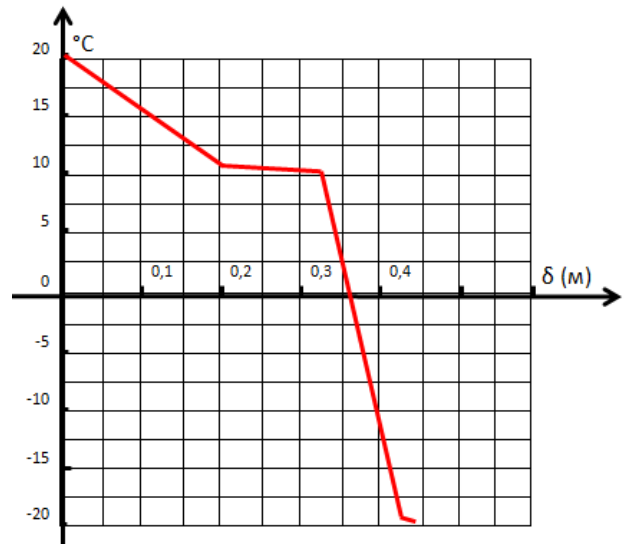
$$t_{ш4} = t_{ш3} - g \frac{d_4}{\lambda_4} = -19,36 - 11,45 \frac{0,01}{0,9} = -19,49^\circ\text{C}$$

Тоді очікувана температура навколишнього середовища

$$t_2 = t_{ш4} - g \frac{1}{\alpha_3} = -19,49 - 11,45 \frac{1}{23} \\ = -19,99^\circ\text{C} \approx -20^\circ\text{C}$$

Побудуємо в масштабі графік зміни температури по товщині пакета стіни (рис. 6).

Рис. 6. Графік зміни температури в товщині пакета стіни



Відповідь: термічний опір стіни $R = 3,49 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, втрати теплоти через 1 м^2 стіни $g_b = 11,45 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Задача 3. Користуючись даними попередньої задачі, визначте термічний опір стіни будинку та втрати тепла через 1 м^2 її поверхні:

- без урахування шару пінопласту;
- з шаром пінопласту, товщиною 5 см;
- з шаром пінопласту, товщиною 30 см.

За результатами розрахунків заповніть таблицю.

$d_{\text{пінопл}} \text{ (м)}$	$R \text{ (м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт)}$
0	0,99
0,05	2,24
0,1	3,49
0,3	8,49

Задача 4. Обчисліть термічний опір стіни власного будинку або квартири.

Питання для перевірки:

- Підготуйте інформацію про теплоізоляційні матеріали, не описані в цьому інформаційно-методичному матеріалі (наприклад, теплоізоляційна піна, фарба).
- Назвіть відомі вам параметри, якими характеризуються сучасні будівельні та теплоізоляційні матеріали (наприклад, паропроникність).
- Дайте оцінку впливу атмосферних факторів на теплоізоляційні властивості матеріалів.

3. Технології будівництва

Сучасні технології будівництва постійно приходять на зміну попереднім, після деякого періоду активного впровадження – займають свою нішу серед кращих чи серед рівних. Вони так само, як і будь-які інші технології, оптимальні для одних видів робіт і малоефективні для інших. Так, наприклад, цегельне будівництво залишається самим затребуваним для малоповерхових замських будівель, а монолітне будівництво впевнено завойовує свої позиції на ринку багатоквартирного житла і висотних будівель.

Поряд з одинарною цеглою сучасні технології будівництва використовують й інші елементи, які дозволяють знаходити більш вигідні рішення в порівнянні з нею. Блоки з обпаленої глини, бетону чи пінобетону (стінові блоки для мурування вручну) прискорюють зведення будівлі і дають можливість економити значну кількість розчину, часу, покращують енергозберігаючі характеристики будівлі.

а) Блокова технологія

Блокова технологія будівництва є перехідною між муруванням стін вручну і панельним житловим будівництвом. Суть її полягає в тому, що елементи стін виготовляють заводським способом з відповідних матеріалів. Це так звані блоки висотою в півповерху або поверх, які укладають при будівництві будинку за допомогою крану. Блоковий метод будівництва характеризується модульною системою як у вертикальному, так і в горизонтальному відношенні по фасаді і в плані будівлі. За величину модуля приймається номінальна товщина блоку, всі інші розміри кратні модулю.

б) Ковзаюча опалубка

Одна з найбільш сучасних технологій зведення будівель заснована на використанні опалубки, яку можуть використовувати промислові та індивідуальні забудовники.

Для одночасного виготовлення залізобетонних стін і з'єд-

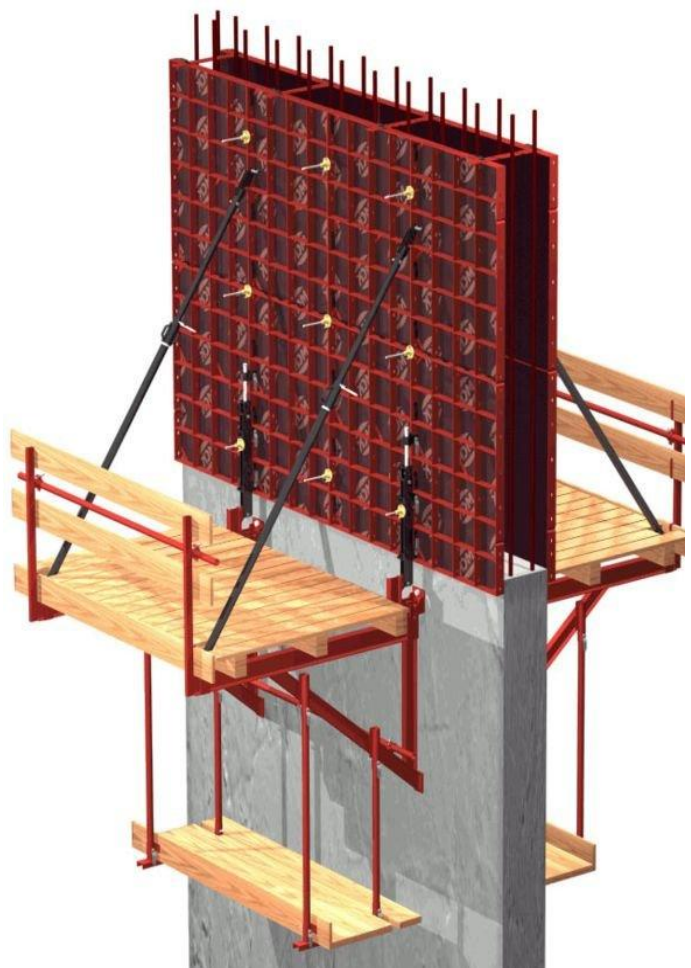


Рис. 7. Ковзаюча опалубка (фрагмент)

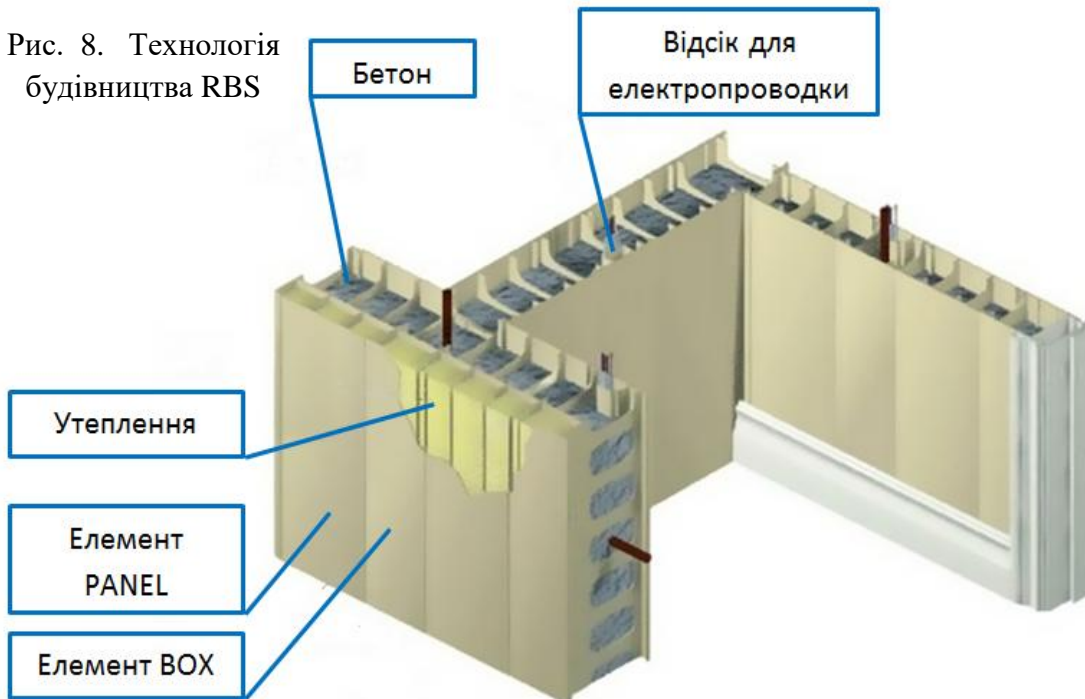
наних з ними монолітних перекриттів застосовують тунельну ковзаючу опалубку (рис. 7).

Будівельні конструкції, що створюються за допомогою цього способу, мають усі позитивні якості монолітного каркасу і не мають недоліків, характерних для традиційних типів опалубки. Багато переваг цієї технології пояснюють швидке її поширення. В цьому випадку знижуються трудовитрати, економляться час і матеріали для підготовчих робіт. За допомогою сталевих шаблонів досягають високої точності розмірів і отримують поверхню, що не потребує оштукатурювання.

в) Технологія Royal Building System (RBS)

RBS – це технологія зведення будівельних конструкцій, яка використовує заливку бетоном спеціальних полімерних профілів (рис. 8). Вони не вимагають підгонки, мають прості і надійні кріплення. Короб будинку будується з полімерних панелей, профілі яких бувають 4-х видів. Панелі виготовлені з полівінілхлориду с високою ударною в'язкістю. Потім через спеціальні отвори заливається швидкотвердіючий бетон. Бетон забезпечує міцність і стійкість будівлі.

Зовнішні стіни мають шар теплоізоляції, що складається з стіропору (безпресового пінополістиролу високої щільності). Також в панелях передбачені готові канали для телефонних, електричних кабелів і труб.



Фасад можна оздобити під цеглу, "дикий камінь", фасадну плитку, структурні штукатурки, дерево або сайдинг.

Дана технологія дозволяє будувати не тільки житлові будинки, а й спортивні та торгові центри, офіси, виробничі приміщення та інші об'єкти будівництва (рис. 9).

г) Монолітне будівництво

У наш час монолітне будівництво – найбільш перспективна і зручна технологія зведення житлових будинків (зокрема висотних). Основний принцип монолітного будівництва простий і зрозумілий. Такий же принцип використовується під час заливки фундаменту. Тільки тут "відливається вся будівля повністю" (рис. 10). Це виглядає як цілісний блок залізобетону, неймовірно міцного і довговічного.



Рис. 9. Будівництво за технологією RBS



Рис. 10. Будівля, зведена за технологією монолітного будівництва

Основний принцип – зведення окремих конструктивних елементів з бетонної суміші при використанні спеціалізованої опалубки прямо на місці будівництва.

В Україні, як і в інших країнах пострадянського простору, монолітне будівництво фактично не розвивалося з причин відносно більшої складності та вартості. Будівельники і проєктанти віддавали перевагу швидкому, нехай і не настільки зручному, будівництву за допомогою панелей. Це дозволяло будувати швидко, багато і з мінімумом витрат.

Минув час, прийшли інші стандарти, виникла природня потреба будувати якісно, надавати мешканцям можливість змінювати планування квартир і просто дозволити жити в гарному будинку, а не в квадратній сірій коробці. Та й тепер для споруди не потрібен був великий будівельний майданчик. Все це можна реалізувати в монолітному будинку.

Особлива властивість монолітної будівлі – міцність і жорсткість конструкції. Тут просто виключені тріщини, стики між плитами. Дім всією своєю

конструкцією перерозподіляє навантаження на фундамент, чим нівелює проблеми з осіданням будівлі. Слабких сторін немає!

Грамотне проектування монолітної будівлі дозволить додати ще одну перевагу – хорошу звукоізоляцію. Адже в стінах немає пустот, звуку просто нікуди поширюватись. До того ж є ще один позитивний момент – вся електропроводка планується спочатку, тому виключаються її пошкодження.

Монолітний житловий будинок не має ніяких швів, що позитивно впливає на звукоізоляцію і теплозбереження в холодну пору року. Грамотне використання утеплювачів допомагає економити на енергозатратах мешканців. «Монолітка» дозволяє знизити масу і об'єми конструкцій, і в результаті вони на 25% легші цегляних будівель.

Незрівнянна перевага монолітної будівлі – будівництво розпочинається і закінчується на будівельному майданчику. Не потрібні масивні крани, важка техніка.

Можна підсумувати: проектування будівлі та монолітне будівництво ведеться за чітко відпрацьованою схемою, зведення будівель здійснюється в дуже стислі терміни без погіршення якості.

Основними перевагами монолітного будівництва можна назвати:

- економію часу і стислі терміни будівництва;
- механічну міцність і жорсткість;
- термін служби і довговічність – близько 200 років;
- підвищення рівня теплоізоляції і шумоізоляції за рахунок безшовних конструкцій;
- меншу масу будівлі;
- економію у витратах при будівництві.

Завдяки своїм унікальним особливостям монолітні будинки найбільш стійкі до агресивного зовнішнього середовища, до впливу техногенних несприятливих чинників. Вони більш стійкі до землетрусів, хоч в Україні сейсмоактивних регіонів фактично немає.

Слід відзначити, що, незалежно від використовуваної технології будівництва, важливу роль відіграє організація робіт на будівельному майданчику. Як правило, час зведення багатоповерхової будівлі визначається місяцями. Втім рекорди є і в цій галузі. Зокрема, китайські фахівці побудували 30-поверховий готель у провінції Хунань всього за 15 днів. На зведення будівлі компанії BroadGroup, яка спеціалізується на енергоефективних та екологічно безпечних будівлях, треба було 360 годин. Те, що відбувалося на будмайданчику знімалося на відеокамеру, щоб можна було оцінити організацію темпів виконаної роботи. Модулі були виготовлені на заводі заздалегідь, а потім закріплені на будівлі за допомогою сталевих конструкцій. У надійності новобудови китайські фахівці не сумніваються. Вони стверджують, що висотка здатна витримати землетрус в 9

балів. Тож, в ефективності такого фактору, як організація виробництва, сумніватися не доводиться.

д) Каркасні будинки (канадська технологія будівництва дерев'яних будинків)

Протягом багатьох віків дерево було и залишається важливим будівельним матеріалом, ефективнішим і більш зручним в будівництві. У Скандинавії дерев'яні будинки будувались здебільшого за принципом зрубу. Однак у ХХ столітті перед людством виникла і все більше загострюється проблема економії палива на обігрів будинку в зимовий період, особливо в холодних регіонах, до яких відносяться північні регіони України. Зруби з бруса чи з колод не задовольняють сучасним вимогам енергозбереження. На сьогодні в Європі і в Україні прийняті дуже жорсткі норми до теплозахисту будівель, які можна забезпечити лише завдяки ефективним теплоізоляційним матеріалам. Для дотримання заданих норм за тепловим опором (для півночі України) зовнішня стіна повинна мати товщину: при будівництві з бруса – 20 см, з цегли – 50 см, а з дерев'яного каркасу – всього 15 см.

Перші будинки, побудовані в Україні за каркасною технологією, прийшли до нас з Канади. На початку 90-х років виник ще один термін, що частково описує дану технологію – сандвіч-панельні будинки. Будинок, що в найбільш повній мірі відповідає сучасним вимогам і уявленням про енергозбереження, комфорт, екологію та вогнезахист, будується за дерев'яно-каркасною технологією з ефективним утеплювачем. Ця конструкція також є кращою в співвідношенні "ціна-якість". Сьогодні близько 80% населення США, Канади, Норвегії, Швеції, Фінляндії будують саме такі будинки.

Основу каркасного будинку становить дерев'яний каркас зі струганих пиломатеріалів(рис. 11).



Рис. 11. Канадська технологія будівництва

Для теплоізоляції, як правило, використовуються полістирол, мінеральна вата зі скла або кам'яних порід. Шар теплоізоляції товщиною 150мм повністю забезпечує комфортне проживання протягом всього року. В якості вітрового

захисту використовується обрізна дошка, деревоволокнисті або деревостружкові плити. Внутрішнє та зовнішнє оздоблення залежить від бажання замовника.

На сьогодні каркасна технологія є однією з найбільш перспективних технологій будівництва замських будинків. Вона широко використовується в Канаді, Німеччині, країнах Скандинавії та інших країнах Європи і набуває все більшу популярність в Україні.

Використання даної технології дозволяє будувати як великі котеджі, так і недорогі замські будинки, що переважають цегляні будинки за якісними характеристиками і не поступаються їм зовнішнім виглядом.

До переваги каркасних будинків можна віднести:

Залежно від призначення і територіального розташування будинку індивідуально розраховується товщина стіни і система утеплення, яка забезпечує збереження тепла, а отже зниження витрат енергоносіїв на обігрів приміщень.

Конструктивні особливості не накладають ніяких обмежень на дизайн будинку, тому будь-який будинок можна виготовити за каркасною технологією.

Більш низька ціна в порівнянні з будинками з аналогічними теплотехнічними характеристиками досягається завдяки використанню сучасних теплоізоляційних матеріалів.

Довговічність конструкції досягається за рахунок обробки і прихованого розміщення каркасу. Основа будинку – каркас із сухого дерева – збирається за принципом стільникової структури і являє собою дуже міцну конструкцію. З внутрішньої сторони передбачені пароізоляція, що запобігає зволоженню утеплювача і дерев'яного каркасу випарами зсередини будинку, а також теплоізоляція, що повертає до 90% випромінюваного тепла назад в будинок. Зовні стіни покриваються вітрозахисною мембраною. Така схема забезпечує збереження дерев'яного каркасу і утеплювача в робочому стані на весь термін експлуатації будинку. Каркасний будинок можна спокійно залишати без опалення в зимовий період і не боятися за стан внутрішнього оздоблення: воно не постраждає.

Оздоблення будинку можливе на розсуд господаря. Технологія дає ідеальні поверхні для високоякісного оздоблення приміщень. Каркасні стіни не схильні до усадки і можуть бути оброблені відразу після установки. У зв'язку з тим, що каркасний будинок в 5-6 разів легший від цегляного, йому не потрібний масивний фундамент, що в значній мірі зменшує його вартість.

Усі внутрішні комунікації (водопостачання, каналізація, електрика, опалення, вентиляція) прокладаються в стінах. Крім того, для даної конструкції будинку розроблена і широко застосовується ефективна повітряна система опалення-вентиляції-кондиціонування, що дозволяє легко регулювати мікроклімат у кожному приміщенні будинку – взимку нагрівати, влітку охолоджувати, а також очищати свіже повітря. Така комплексна система створює комфортні і здорові умови проживання.

Дерев'яно-каркасна технологія будівництва індивідуальних житлових будинків є оптимальною для широкого діапазону кліматичних і геологічних умов. Будинок, побудований за даною технологією, не тільки забезпечує тепловий комфорт в приміщеннях, знижує в кілька разів витрати на опалення, але і забезпечує сприятливу екологічну атмосферу.

е) Технологія Тісе

Технологія Тісе відрізняється від аналогічних тим, що демонтаж опалубки здійснюється відразу після ущільнення. "Один блок формується за 5 – 10 хвилин". Друга особливість характерна для роботи з мобільним риштуванням. Стіновий блок формується безпосередньо в стіні (рис.12) без підстиляючого розчину. Формування блоків можна виконувати і за межами робочої зони, на будь-якому рівному місці. Через день-два їх уже можна мурувати в стіну на підстиляючий розчин, але це менш доцільно. Виливку стіни, порожнечі слід заповнювати гідрофобним утеплювачем.

У результаті виходить стіна, близька за властивостями до стіни, складеної з керамзитобетонних або пінобетонних блоків.

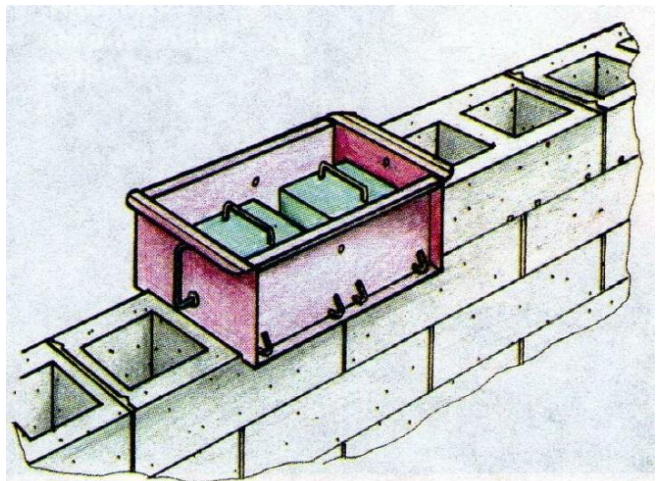


Рис. 12. Будівельна технологія Тісе

Робота за технологією Тісе зменшує швидкість зведення стін. За добу можна покласти не більше 1-го ряду блоків – 15 см. В дощ робота неможлива: свіжо покладені блоки потребують захисту від води. Таким чином, за технологією Тісе на мурування одного поверху будинку піде три тижні навіть при використанні декількох опалубок. З готових легкобетонних блоків подібний поверх можна звести за 5-7 днів.

Крім того, застосування Тісе призводить (в порівнянні з класичним муруванням стін з легкобетонних блоків) до зниження витрат на будматеріали і до значного збільшення витрат праці, в першу чергу на приготування розчину, та до збільшення термінів будівництва. Знизити витрати праці і часу можливо тільки при одночасному використанні декількох комплектів Тісе і бетономішалки. Це доцільно тільки при великих обсягах робіт мурування (від 100 м³) і дешевій робочій силі.

є) Технологія "Термодім"

В основу технології покладено зведення несучих стін з монолітного залізобетону за допомогою незйомної опалубки зі спеціального будівельного

пінополістиролу (рис. 13). За основними параметрами, таким як теплозахист, звукоізоляція, комфортність, простота і швидкість будівництва, міцність і довговічність, технологія "Термодім" відноситься до високих технологій в галузі будівництва. При її реалізації застосовуються матеріали, конструктивні і технологічні рішення, що пройшли багаторічну й ретельну перевірку.

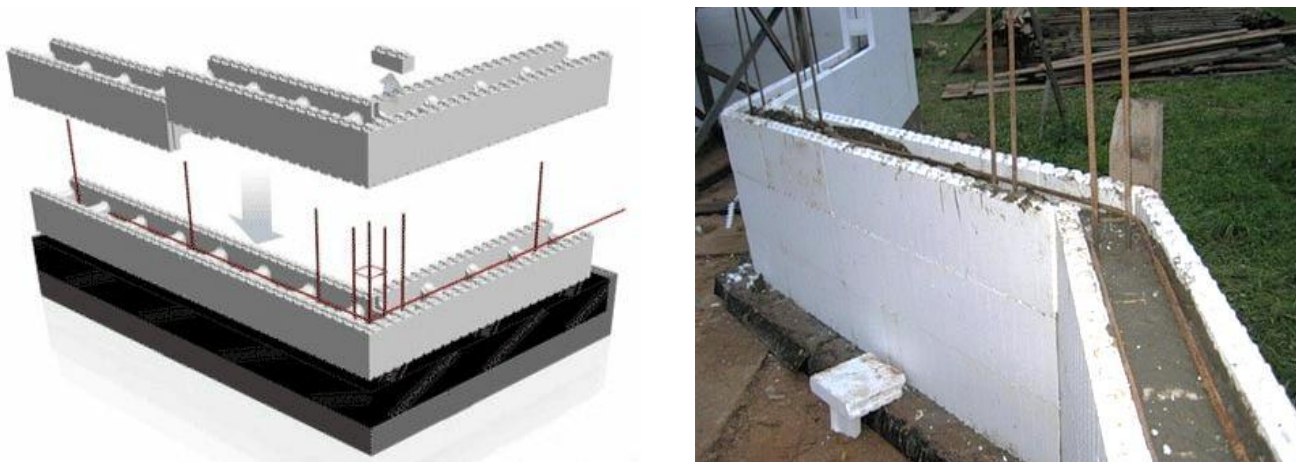


Рис 13. Принцип технології «Термодім»

Елементи опалубки "Термодім", виконані з твердого самогасячого пінополістиролу в формі пустотілих блоків, армовані і заповнені бетоном, являють собою універсальну систему для зведення стін об'єктів будь-якого типу. Спеціальна конструкція замків запобігає витіканню бетону і дозволяє швидко і точно з'єднувати блоки, подібно складанню кубиків у популярній дитячій грі "ЛЕГО". Така конструкція дозволяє досягти оптимального поєднання фізичних, механічних, тепло і звукотехнічних характеристик будови.

Півтораметрові блоки практично невагомі і їх легко піднімає дитина. В ході однієї технологічної операції споруджується монолітна бетонна стіна, обрамлена з внутрішньої і зовнішньої сторін тепло - і звукоізоляційною оболонкою з пінополістиролу. Темпи зведення стін такі, що дві людини за три доби можуть звести будинок корисною площею до 100 квадратних метрів!

Щоб краще зрозуміти переваги системи "Термодім", звернемося до прикладів. Несуча стіна може бути ізольована з одного боку, з двох сторін або не ізольована зовсім. Якщо стіна виконана без додаткових покриттів, то матеріал стіни повинен відповідати всім вимогам з точки зору несучої здатності, звуко- і теплоізоляції. Для того, щоб стіна добре зберігала тепло і не пропускала звук, вона повинна бути пористою. Але при цьому будуть страждати її статичні властивості, тобто стіна не витримає великих навантажень. Для того щоб підвищити міцність стіни, потрібно зменшити товщину теплоізолюючого шару, що веде до втрати теплозахисних властивостей. Для того ж, щоб зберегти і те й інше, необхідно збільшувати товщину стін. Але це веде до нераціональної витрати матеріалів. Якщо стіна покрита одним шаром ізоляції, наприклад, з пінополістиролу, то вже в цьому випадку вона буде мати прекрасні статичні, тепло-, звукоізоляційні властивості. А якщо несуча стіна утеплена з двох сторін,

ми отримуємо унікальний за своїми характеристиками "сандвіч".

Щодо суті теплозберігаючої технології "Термодім". Шар пінополістиролу, товщиною 5 см, має таку ж теплопровідність, як і бетонна стіна товщиною 2,5м. Крім того, подвійна ізоляція забезпечує мінімальні температурні коливання несучої стіни. Тому всі елементи будівлі будуть надійно захищені від температурних розширень і, як наслідок, – від виникнення тріщин. Крім того, стіна, побудована за технологією "Термодім", дуже швидко реагує на зміну температури всередині кімнати на відміну від стін з одношаровою ізоляцією або взагалі без ізоляції, у яких значна частина тепла витрачається на опалення навколишнього середовища. Коли ці стіни остигають при різкій зміні температури, то для того, щоб нагріти повітря в приміщенні, необхідно спочатку довго прогрівати стіни.

Параметри стін "Термодім"

Товщина стіни – 25 см з них: 10 см – пінополістирол, 15 см – бетон. (Товщина бетону залежить від довжини знімних перемичок і може бути будь-якого розміру).

Допускається побудова об'єктів висотою до 25 м. Можливе застосування в сейсмічно небезпечних районах.

Технологія "Термодім" дозволяє використовувати різні варіанти перекриттів. Вони можуть бути дерев'яними, з монолітного або збірного залізобетону. Вибір виду перекриття, типу і форми даху визначається проектом будівлі.

Технологія "Термодім" допускає різні варіанти зовнішнього і внутрішнього оздоблення. При цьому ніякої додаткової підготовки стіни не потрібно – поверхня пінополістиролу ідеально рівна. Підведення комунікацій також вирішується просто: в пористому матеріалі легко зробити отвори під комунікації та канавки під необхідну проводку.

Чи знаєте ви, що...

Найближчим часом стане можливим використання роботів у будівництві. Розробники впевнені в тому, що будівельні роботи можна автоматизувати. Вчені та інженери створюють 3D-принтери, які дозволяють побудувати будинок площею до 250 квадратних метрів лише за одну добу.

Розробка вчених університету південної Каліфорнії являє собою робот великих розмірів, що включає в себе сопло, яке надійно кріпиться до рами. Сопло дозволяє подавати бетонну суміш, щоб накладати її шарами, орієнтуючись на комп'ютерну схему. Вчені зазначають те, що вони фактично створили аналог 3D-принтера, який може стати в нагоді при проведенні будівельних робіт (рис. 12).

Основою роботи є унікальна технологія Contour Crafting. Роботу буде виконувати комп'ютер. Робот зможе пересуватися по розміщених рейках для того, щоб накласти бетонну суміш у всіх місцях, де це необхідно. В якості «чорнила»

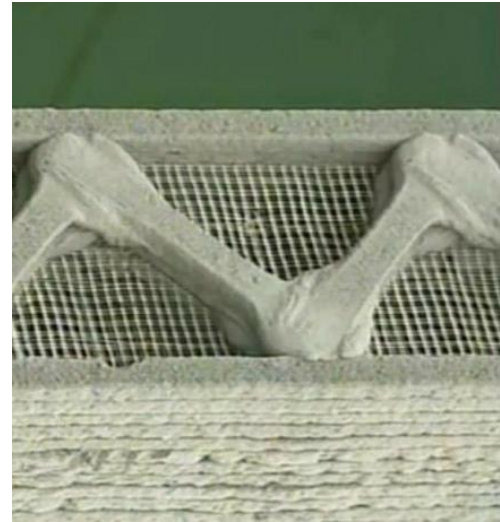
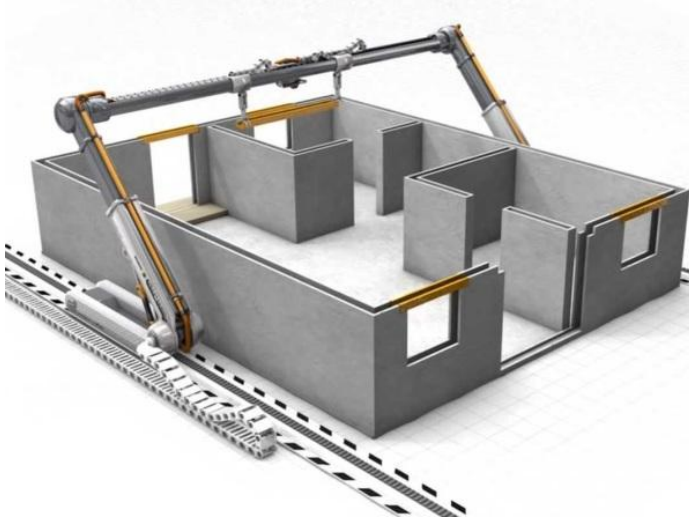


Рис. 12. Макет 3D-принтера та зразок виготовленої ним стіни

принтер використовує високоякісний цемент і скловолокно, які він акуратно видавлює шарами на горизонтальну поверхню.

Для того, щоб завершити будівництво будинку, будівельники повинні будуть встановити вікна, двері в отворах, які принтером підготовлені заздалегідь.

Вчені впевнені в тому, що технологія дозволить досягти істотної економії на будівництві будинків. Серед інших переваг технології можна відзначити скорочення часу на будівництво, економію енергоресурсів.

Вчені впевнені, що унікальна технологія дозволить у майбутньому почати будівництво на Місяці та Марсі.

Питання для перевірки:

1. Визначте, за якими технологіями зводяться будинки у вашому місті (селищі)?
2. Підготуйте інформацію про будівельні технології, не описані в цьому інформаційно-методичному матеріалі (наприклад, побудова будинків із солом'яних блоків, дерев'яні будинки).

Задачі для самостійного розв'язання

Задача 4. Обчисліть термічний опір стіни будинку, побудованого за канадською технологією, якщо стіна складається з шару пінопласту товщиною 150 мм з коефіцієнтом теплопровідності $0,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, з орієнтовно-стружковими плитами (ОСП) по боках, товщиною 12 мм, з коефіцієнтом теплопровідності $0,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Температуру стіни всередині будинку прийняти 20°C . Зовнішня поверхня стіни оточена повітрям з температурою -20°C . Коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні стіни $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, внутрішньої поверхні стіни $\alpha_в = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Порівняйте результат з вимогами ДБН В.2.6-31: 2006 (стор. 43)

4. Проектування та архітектура

Енергоефективні будівлі. Основні положення¹

«Енергоефективні будівлі» як новий напрям у будівництві з'явилися після світової енергетичної кризи 1974р. З моменту будівництва перших енергоефективних будівель до початку 90-х років ХХ століття основний інтерес представляли заходи з економії енергії. В той час, як з середини 1990-х років увага переноситься на пошук енергозберігаючих рішень, які одночасно сприяють підвищенню якості мікроклімату у приміщеннях будівель.

У світовому будівництві з'явилася велика кількість будівель, мікрорайонів та навіть архітектурно-будівельних зон, які були запроєктовані та побудовані на основі різних концепцій енергетично ефективних та екологічно чистих технологій.

Ці концепції об'єдналися під загальною назвою «Sustainable Buildings» («стале будівництво», «життєзберігаюче будівництво»). «Sustainable Buildings» – спосіб забезпечення в будівлі комфортного мікроклімату, максимальне використання енергії зовнішнього середовища та енергоефективних елементів будівлі як єдиного цілого. Основні концепції енергетично ефективних та екологічно чистих будівель представлені на рис. 13.

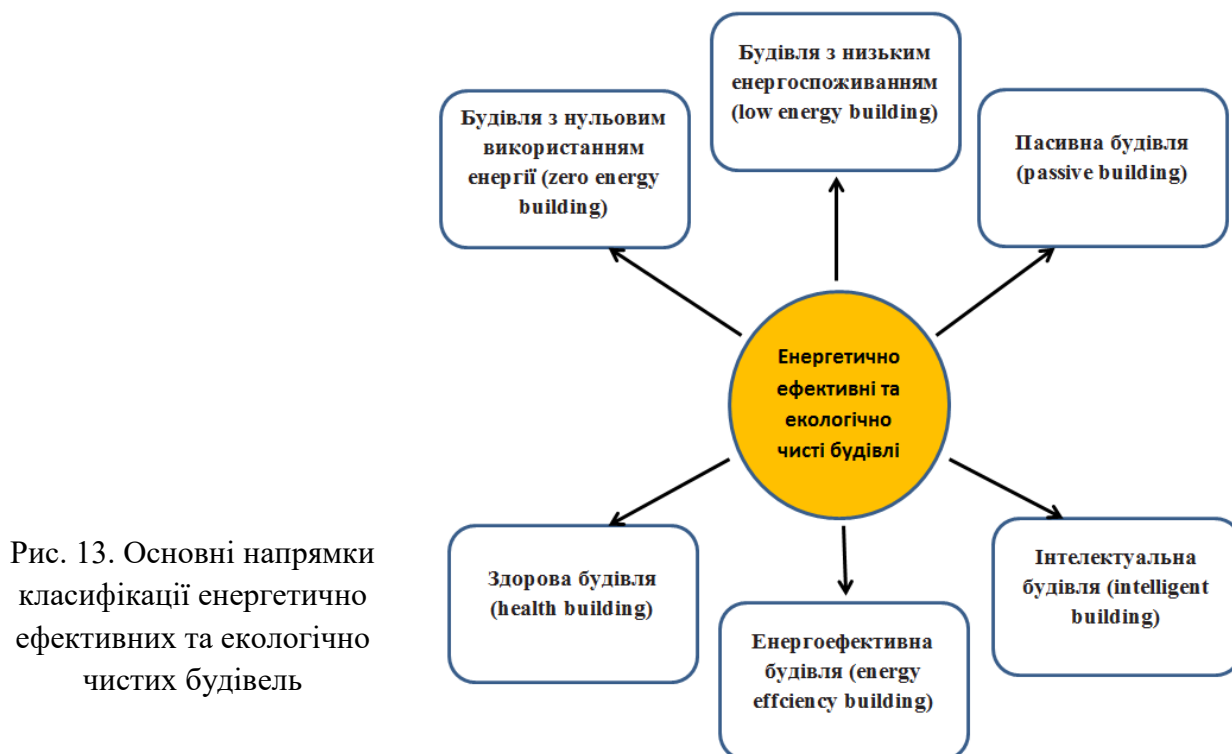


Рис. 13. Основні напрямки класифікації енергетично ефективних та екологічно чистих будівель

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – будівля, в якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя. До енергоефективних будівель можуть бути

віднесені будівлі з низьким енергоспоживанням та будівлі з нульовим енергоспоживанням (рис. 14.).

Будівля з низьким енергоспоживанням (low energy building) – будівля, побудована з використанням сучасних будівельних матеріалів, у яких питома витрата енергії на опалення становить від 50 до 80 кВт·год /м².



Енергоефективна будівля «Pearl River Tower», Китай



Green building «SOLARIS», Сінгапур



Будівля високих технологій «City hall», Лондон

Рис. 14. Відомі енергетично ефективні будівлі

Будівля з нульовим використанням енергії (zero energy building) – будівля з нульовою витратою енергії на опалення, що забезпечує власні енергетичні потреби.

Концепція «будівлі з нульовим енергоспоживанням» (ZEB, Zero Energy Building) отримала розвиток в США і Канаді. В цілому концепція ZEB має ряд схожих рис зі стандартом пасивного будинку (Passivhaus), але існує і ряд відмінностей. ZEB приділяє підвищену увагу використанню альтернативних джерел енергії, наприклад, вітрових генераторів або сонячних батарей на основі фотоелектричних перетворювачів.

Пасивна будівля (passive building) – будівля, в якій передбачено спеціальні заходи, щодо використання нетрадиційних (поновлюваних) джерел енергії, які суттєво впливають на зниження споживання енергії у порівнянні з традиційними джерелами.

Концепція «пасивної будівлі»була розроблена професором Бо Адамсоном в 1988 році при проведенні досліджень в університеті Лунда в Швеції. Перша вимога, пред'явлена до такого будинку – можливість обійтися мінімальним опаленням в умовах суворих скандинавських зим.

Теплоізоляція є одним з найважливіших елементів при проектуванні і будівництві огорожувальних конструкцій пасивного будинку.

Конструкції стін, покрівлі, фундаменту повинні відповідати високим вимогам теплового опору. Матеріал і товщина ізоляційного шару повинні забезпечити коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції не більше $0,15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Дотримання таких вимог можливе при використанні типових ізоляційних матеріалів (мінеральна вата, полістирол, целюлоза) товщиною близько 30 см, пінополіуретану – 20 см.

Пасивний будинок – це споруда, що більш ніж на 80% здатна забезпечувати себе тепловою та світловою енергією з мінімальними енергетичними втратами в навколишнє середовище. Такі показники досягаються за рахунок грамотно опрацьованого проєкту, використання нових технологій і сучасних матеріалів при будівництві.

Здорова будівля (health building) – будівля, в якій пріоритет при виборі енергозберігаючих технологій мають технічні рішення, які одночасно сприяють поліпшенню мікроклімату приміщень та захисту навколишнього середовища, побудовані з використанням екологічно чистих матеріалів.

Інтелектуальна будівля (intelligent building) – будівля, в якій, з точки зору теплопостачання та кліматизації, на основі застосування комп'ютерних технологій, оптимізовані потоки тепла і маси в приміщеннях та огорожувальних конструкціях.

Концепція інтелектуальної будівлі – основним критерієм ефективності проєкту інтелектуальної будівлі є якість її взаємодії з мешканцями. Взаємопов'язана робота автоматизованих будинкових та квартирних систем забезпечує «інтелект» житлового середовища.

До основних систем інтелектуальних будівель відносяться:

- система керування вентиляцією та кондиціонування повітря;
- система управління тепло- та водопостачанням;
- система управління електропостачанням;
- система управління освітленням;
- система керування поновлюваними джерелами енергії.

Для побудови інтелектуального будинку необхідно дотримуватися принципу «відкритості систем», «відкритої архітектури», тобто наявності єдиного протоколу взаємодії устаткування різних виробників. Важливо, щоб технічні пристрої були сумісні між собою і являли єдине ціле.

Все зростаючі ціни на енергоносії стимулюють до економного їх використання. Доцільність такого підходу показують європейські країни. Споруджувані будівлі вже з самого початку проєктуються таким чином, щоб зробити мінімальними енергозатрати, дешевшим обслуговування і забезпечити найви-

щий комфорт. Енергоефективне будівництво в Європі набирає обертів. З 2010 року в країнах Євросоюзу будуються тільки енергоефективні будинки з енергоспоживанням до 65 кВт·год/м² на рік. З 2015-2020 років в країнах ЄС впроваджується завдання будувати лише пасивні будинки та будинки з нульовим споживанням енергії.

Коли ми будуємо в своїй уяві енергоефективний або пасивний будинок, то уявляємо конструкції з прямими правильними лініями, дахами з сонячними батареями і панорамними вікнами. При проєктуванні та будівництві будь-якого, а особливо пасивного будинку, необхідно дотримуватися певних правил. Одне з найважливіших та найбільш цікавих правил стосується архітектури та планування будинку.

З цієї точки зору, безумовно, перспективними в проєктуванні є розробка архітектурно-планувальних рішень житлових будинків, які відповідають вимогам ДБН В.2.6–31: 2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».

Ландшафтне планування

Дуже важлива правильна орієнтація будівлі за сторонами горизонту, захист від вітру з північного боку будівлі (зелені насадження, ліс, інші будівлі), відкритість будівлі з півдня, відсутність затінення південного фасаду (рис.15).

Вікна будівлі необхідно розташовувати у відповідності з кутом падіння сонячних променів залежно від пори року і часу доби.

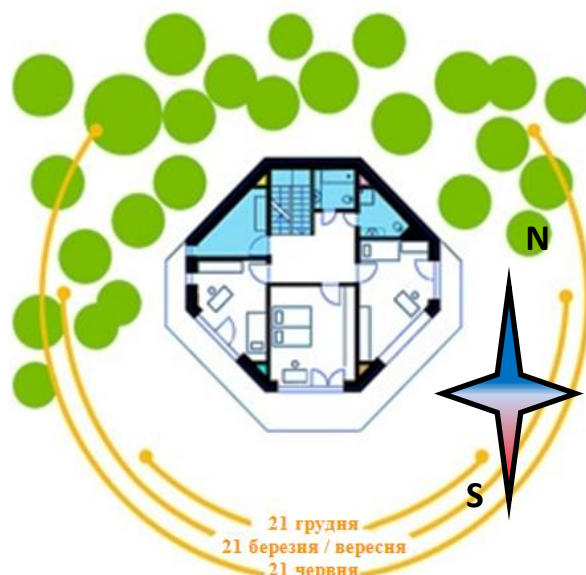


Рис. 15. Компактність плану будівлі з урахуванням енергозбереження.

Об'ємне планування

Форма будівлі за можливістю повинна уникати еркерів, внутрішніх кутів і балконів. Ідеальною вважається максимальна наближеність форми будівлі до найкомпактнішої – півсфери.

Будівлю доцільно поділити на буферні і житлові зони. Допоміжні приміщення плануються з півночі в якості буферних зон, житлова зона розміщується на південному сході (рис. 16). З південного боку будівлі можна розташувати зимовий сад.

Архітектурними рішеннями доцільно створити річний сонцезахист у вигляді виступаючих архітектурних елементів: карнизів, балконів, терас, що затіняють світлопрозорі конструкції і не дають потрапляти променям високого літнього сонця в будівлю.

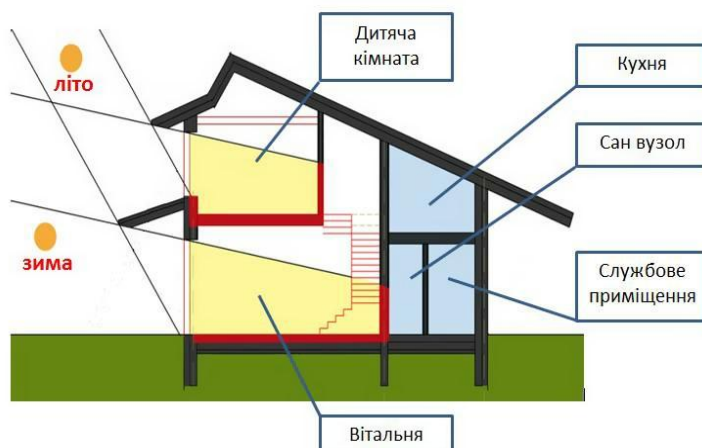


Рис. 16. Житлові зони будинку та елементи сезонного сонцезахисту

Одним з головних критеріїв енергоефективного будинку є компактність. ДБН вимагають певного співвідношення A/V , де A – площа зовнішніх конструкцій (стіни, підлога покрівля), V – об’єм опалюваної частини будинку. Чим менше цей коефіцієнт – тим більш енергоефективний будинок. Розрахунковий показник компактності, як правило, не повинен перевищувати значень поданих у таблиці 6.

Таблиця 6. Розрахунковий коефіцієнт компактності енергоефективного будинку

Тип будинку	Коефіцієнт форми будинку
Для будинків від 6 до 9 поверхів	0,32
Для 5 поверхових будівель	0,36
Для 4 поверхових будівель	0,43
Для 3 поверхових будівель	0,54
Для дво- та одноповерхових будинків мансардного типу	0,9
Для одноповерхових будинків	1,1

Для порівняння виконаємо розрахунки для спрощеної моделі двоповерхового будинку монолітної форми (рис. 17). Будинок прямокутний зі сторонами 7,5 та 12 м. та висотою поверху 3 м.

$$\text{Загальна корисна площа } P = 2 \cdot 7,5 \cdot 12 = 180\text{м}^2.$$

$$\text{Опалюваний об’єм будинку } V = 7,5 \cdot 12 \cdot 6 = 540\text{м}^3.$$

$$\text{Площа всіх зовнішніх поверхонь } A = 2 \cdot (7,5 \cdot 12 + 7,5 \cdot 6 + 12 \cdot 6) = 414\text{м}^2.$$

$$\text{Коефіцієнт форми будинку } A/V = 414 / 540 = 0,77.$$

Порівняємо цю будівлю з одноповерховою, що має таку ж площу та об'єм, але в формі хреста. Довжина кожної сторони 6м., висота будівлі 3м.

Площа зовнішніх поверхонь $A = 2 \cdot 180 + 12 \cdot 6 \cdot 3 = 576 \text{ м}^2$.

Тепер співвідношення $A/V = 576 / 540 = 1,007$, тобто на 39% більше.

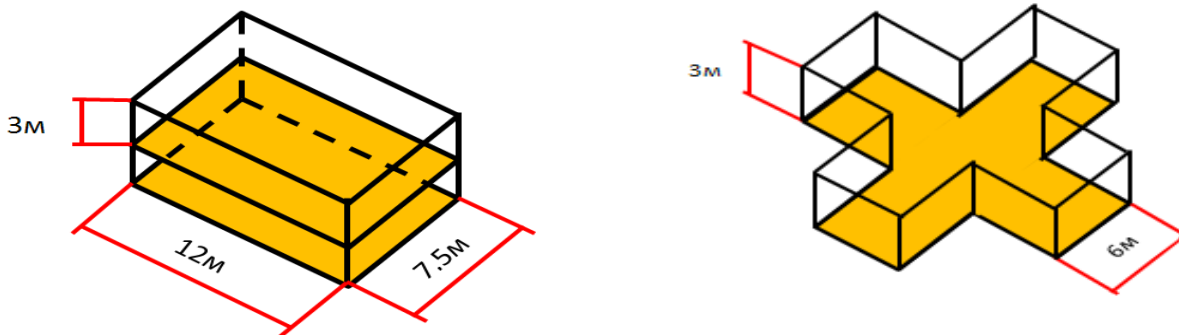


Рис 17. Спрощена модель двоповерхового будинку та будинку у формі хреста

Скління будівлі

На північній стороні будівлі необхідно мінімізувати світлопрозорі частини, через які здійснюється теплообмін з навколишнім середовищем. Максимальна кількість світлопрозорих конструкцій розташовується з півдня, вони пропускатимуть глибоко в будівлю промені низького зимового сонця.

Вікна та інші світлопрозорі конструкції доцільно розташовувати на фасаді в такому співвідношенні: 70-80% всіх вікон з південної сторони, 20-30% зі східної, 0-10% із західної і повна їх відсутність з північної.

Питання для перевірки:

1. Назвіть основні концепції енергетично ефективних будівель.
2. У чому полягає концепція будівлі з низьким енергоспоживанням?
3. У чому полягає концепція пасивного будинку?
4. Наведіть відомі вам приклади проектування та будівництва енерго-ефективних будівель у вашому місті.
4. Які постулати архітектури енергозберігаючого будівництва використовуються у вашому будинку?
5. Які постулати використовуються при зведенні нових будинків у вашому місті?

5. Інженерні системи

Однією з важливих причин високого теплоспоживання є низька енергоефективність старих систем опалення. Вони запроектовані з надмірним (в кілька разів) теплоспоживанням. Морально і технічно застарілі теплові пункти, гідравлічно розрегульовані системи через несанкціоноване втручання користувачів (заміна радіаторів, трубопроводів і т. д.), засмічені трубопроводи, відсутня теплоізоляція в неопалюваних підвалах – це далеко не повний перелік недоліків старих систем опалення. З такими системами, навіть утеплівши будівлю, важко економити енергію і створювати комфортні умови для проживання.

Модернізація інженерних систем є обов'язковою складовою енергозбереження будівлі, без якої не буде позитивного результату. При термомодернізації вдосконалюють також системи гарячого водопостачання та освітлення. Застосування всього комплексу таких заходів дозволить знизити споживання на 60-70%.

Заміна старого індивідуального теплового пункту на тепловий пункт з погодною корекцією дозволить знизити споживання теплової енергії до 25%, а балансування системи опалення автоматичними балансувальними клапанами – додасть ще 8-10 % економії.

Вагомою причиною надмірних втрат тепла є відсутність його обліку у кожного споживача (квартири/користувача), що не стимулює до індивідуального економного теплоспоживання. Індивідуальний облік теплоспоживання та зменшення споживання теплової енергії здійснюється завдяки індивідуальному регулюванню споживачем кожного опалювального приладу за допомогою автоматичних терморегуляторів на радіаторах. Це давно реалізовано в енергоспоживаючій техніці – холодильниках, електрочайниках, духовках, опалювальних приладах тощо. Всі вони мають терморегулятори, які автоматично не дозволяють їм перевитратити енергію. Опалювальні прилади старих систем такої можливості не мають. Досвід застосування терморегуляторів на опалювальних приладах говорить про те, що зниження температури в приміщенні на 1°C дає 7% економії теплової енергії. В цілому, можна стверджувати, що застосування радіаторних терморегуляторів дасть ефект до 20% економії теплової енергії.

Тільки будівля, що теплоізольована належним чином та обладнана автоматичними терморегуляторами опалювальних приладів і засобами індивідуального обліку, повною мірою забезпечує максимальний результат – зниження комунальних платежів. Часткове застосування енергоефективних заходів дає, відповідно, частковий результат і тільки за умови модернізації системи опалення, яка забезпечує адекватне реагування на ці заходи.

Термомодернізація вимагає фінансових витрат. Але при повному виявленні всіх проблем будівлі і виборі правильного способу їх усунення, термомодернізація призводить до зменшення плати за комунальні послуги, і ця

економія з часом перекриває початкові фінансові витрати. При цьому фінансові витрати мають різний термін окупності, який у значній мірі залежить від тарифу на теплову енергію, вартості заходу і одержуваного ефекту. Так, наприклад, модернізація індивідуального теплового пункту будівлі окупується, як правило, до 2-х років, систем опалення та гарячого водопостачання – до 3-х років, а утеплення будівлі – 10-12 років.

Вже давно помічено, що значна частина тепла втрачається з будинку не через вікна і стіни, а через провітрювання приміщень. За дослідженнями фахівців до 50% тепла, витраченого на обігрів середньостатистичного житла, втрачається даремно, вивітрюючись через відкриті квартирки і фрамуги.

Усе частіше для зменшення цих витрат застосовуються спеціальні пристрої – автоматичні вентиляційні панелі, які не просто оновлюють повітря в приміщенні, але і фільтрують його від шкідливих домішок і запахів вулиці. Найбільш сучасні моделі оснащуються рекуператором, щоб з відпрацьованим повітрям на вулицю не втрачалось тепло (рис.18).

Не використовуючи досить ємних розрахунків енергетичної ефективності, можна стверджувати, що термін окупності витрат на установку рекуператора становить близько 3–5 років.

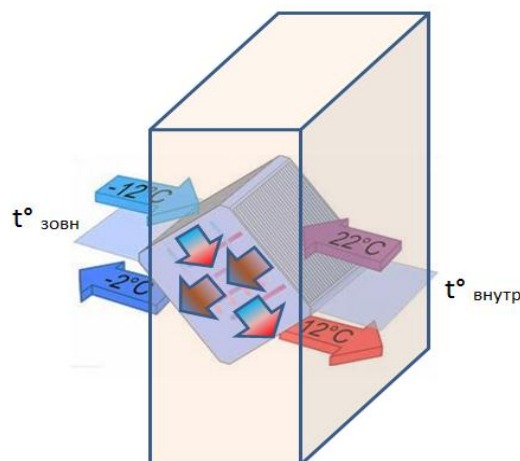


Рис.18. Принцип рекуперації повітря

Кроки, які сприяють зменшенню енергоспоживання в будинку:

1. Утеплення стін, даху, суміщеного покриття та перекриття над неопалюваним підвалом або підлоги на ґрунті – зниження витрат на 20-40 %.
2. Заміна або ремонт вікон і зовнішніх дверей – на 10-20 %.
3. Заміна індивідуального теплового пункту на сучасний дозволяє економити 15-25 % ресурсів.
4. Модернізація системи опалення дозволяє знизити витрати на 20-30%.
5. Заміна старої однотрубної системи опалення на сучасну двотрубну – на 30-40%.
6. Модернізація або заміна системи гарячого водопостачання – на 10-15%.
7. Модернізація системи вентиляції – на 20-25%.
8. Заміна джерела теплозабезпечення на сучасне – на 20-30%.
9. Застосування альтернативних джерел теплозабезпечення, наприклад, сонячного колектора, теплового насосу – на 50-100% використання відновлюваної енергії.

10. У зв'язку з теплоізоляцією та герметизацією будівлі виникає потреба в системі контрольованої припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією.

Також для ефективного альтернативного кондиціонування повітря або води використовуються підземні канали (грунтові теплообмінники) (рис. 19).



Рис. 19. Принцип роботи ґрунтового теплообмінника

Герметичність

Тепловий потік за рахунок повітрообміну з причини несущільності конструкції будівлі визначається об'ємними витратами повітря $V_{\text{пов}}$, які можуть бути виражені коефіцієнтом інфільтрації m . Коефіцієнт інфільтрації – це відношення повітрообміну в приміщенні до його об'єму $V_{\text{п}}$. Значення коефіцієнту мають наступну градацію:

Коефіцієнт інфільтрації	Оцінка інфільтрації
0,5	Мінімальна
1,0	Допустима
1,5	Надлишкова
2,0	Збиткова

Герметичність пасивного будинку, або його повітропроникність, визначається величиною витoku повітря в кубічних метрах за годину на кв. метр площі зовнішньої оболонки будинку при дії на будівлю перепаду тиску внутрішнього повітря в 50 Па. Це здійснюється шляхом тестування Blower-Door Test (Рис. 20), яке дозволяє точно з'ясувати рівень збереження тепла в будинку і виявити місця витоків повітря, які неможливо встановити іншим способом.

Перевірка пасивного будинку з Blower-Door Test допомагає захистити його від протягів, цвілевих грибків та величезних витрат на опалення.

При проведенні перевірки будівлі обладнанням Blower-Door у приміщеннях створюється підвищений або понижений тиск повітря, імітуючи таким чином дію вітру, зумовлену різницею тиску всередині приміщення та довкола будівлі, що неможливо зробити за допомогою термографії.

Для виявлення місць знаходження дефектів, окрім тепловізора, використовують генератор диму, який дозволяє констатувати складні траєкторії потоків

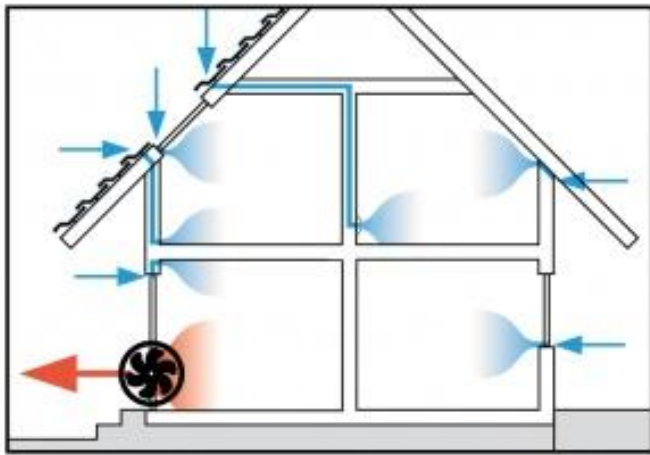


Рис. 20. Перевірка герметичності пасивного будинку приладом Blower-Doortest



повітря і місця його витоків або інфільтрації всередину будинку. Безсумнівна перевага Blower-Door Test – це можливість виявити дефекти в теплу пору року, до холодів, і вчасно виконати ремонтні роботи. Витік через щілини в пасивному будинку повинен бути менше, ніж 0,6 загального об'єму будинку за годину під час тесту (при умові надлишкового тиску ≈ 50 Па).

Слід відзначити, що витрати на проведення робіт з модернізації будинку з утеплення стін окуповуються значно довше, ніж витрати на його герметизацію.

Технічні рішення

Для ще більшого збільшення енергоефективності пасивного будинку застосовується цілий ряд інженерних рішень, спрямованих як на економію споживання зовнішньої енергії – сонячні установки і теплові насоси, так і на виробництво електроенергії – комплекти сонячних батарей (рис. 21).

Геліоколектори, що дозволяють максимально використовувати сонячне випромінювання для нагрівання води, забезпечують пасивний будинок гарячим водопостачанням в весняно-літній період, а також можуть підтримувати систему низькотемпературного опалення – тепла підлога, теплі стіни.

Тепловий насос високоефективно використовує потенціал навколишнього середовища – повітря, землі, води, дозволяючи отримати на виході в кілька разів більше теплової енергії, ніж витрачається електричної.

У пасивному будинку, завдяки його мінімальним тепловим втратам, тепловий насос буде працювати лише в найхолодніші дні року, а його максимальна продуктивність досягається при спільній роботі з низькопотенційними системами опалення, – тими ж теплими підлогами, теплими стінами.

Сонячні батареї та вітряні генератори, перетворюючи в електроенергію сонячне випромінювання і енергію вітру, дозволяють зробити пасивний будинок

нульовим. Застосування таких систем, як геліоколектори, тепловий насос, рекуперація повітря веде до відмови від традиційних способів опалення – радіаторів, батарей, котлів, камінів, дров'яних печей з їх низькою ефективністю. Але навіть в такому сучасному помешканні, яким є пасивний будинок, часто використовуються додаткові печі на рослинному паливі. Найкращі – це дров'яні печі повільного горіння з каталітичним допалюванням горючих газів. Низькі тепловтрати пасивного будинку дозволяють використовувати котли малої потужності, а дрова є поновлюваним джерелом енергії.

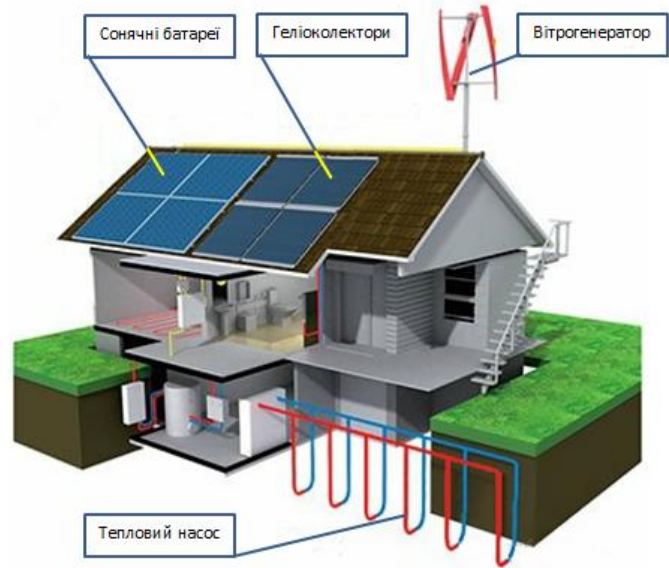


Рис. 21. Технічні системи пасивного будинку

Крім прямого обігріву будинку існують системи з сезонною акумуляцією теплової енергії від сонячного випромінювання. Функцію перетворення енергії сонця в тепло здійснюють геліоколектори, а акумуляторами виступають гравій, засипаний в спеціальні контейнери, ґрунт під будинком, великі ємності з рідиною (рис. 22). Такі акумулятори тепла використовують для збільшення теплової інерції будинку.

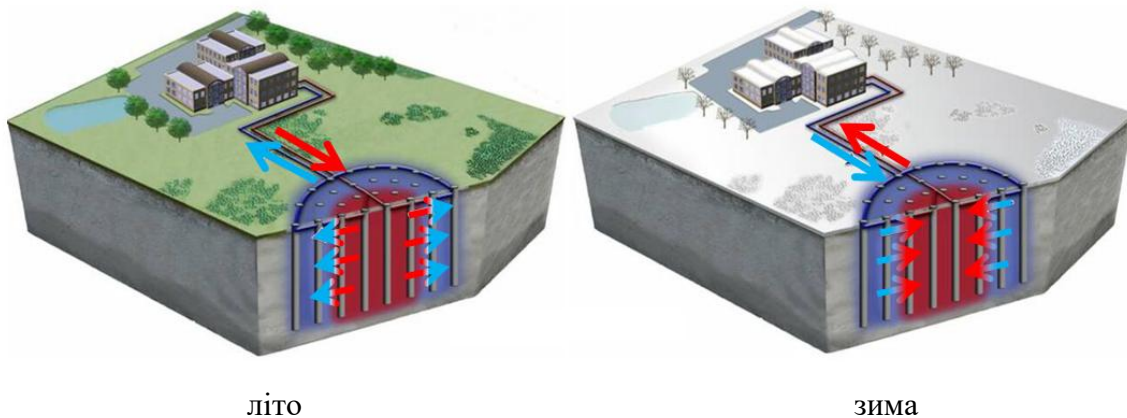


Рис. 22. Сезонна акумуляція тепла

Також вигідно і зручно, коли акумулятори тепла виконують функції конструктивного елементу будинку, при простій власній конструкції з пристроєм, який коштує недорого.

За рахунок теплопровідності ці акумулятори швидко втрачають енергію, тому їх облаштування вимагає хорошої тепло- і гідроізоляції, але дозволяє максимально використовувати енергію сонця круглий рік, запасуючи влітку і витрачаючи взимку. Існують також гібридні теплонасос-геліоколекторні установки, які влітку прогривають від сонця ґрунт, а взимку відбирають його тепло,

тим самим значно підвищуючи ефективність роботи теплового насоса.

Отже, для максимальної економії енергії пасивний будинок вимагає мінімальних витрат на опалення і гаряче водопостачання, а також дозволяє створити внутрішнє комфортне середовище проживання, адже людина в середньому понад 60% свого часу проводить саме вдома. Створення комфортного середовища проживання – це застосування низькотемпературних систем опалення – теплих стін, підлог, які дають взимку ефект нагрівання сонячними променями; використання в обробці і покриттях натуральних матеріалів – глиняної штукатурки, каменю, дерева та ін. Все разом дозволяє створити комфортні, екологічні умови, одночасно створюючи мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

Підсумовуючи вищесказане, можна зробити висновок, що усі перелічені фактори впливають на досягнення ефекту будинку низького енергоспоживання, при цьому економиться і накопичується необхідна кількість енергії. Варто відзначити, що будівництво пасивного будинку дорожче, ніж звичайного, але за період експлуатації пасивного будинку протягом 5-7 років дана різниця окупається за рахунок мінімального споживання енергії ззовні. Таким чином будівництво пасивних будинків – це не черговий модний тренд, це реальність сьогодення.

Питання для перевірки:

1. Поясніть явище запотівання вікон. Знайдіть шляхи його уникнення.
2. Поясніть принцип роботи рекуператора.

6. Стан огорожувальних конструкцій

Один з найважливіших параметрів будівлі – якісна теплоізоляція огорожувальних конструкцій: фундаменту, стін, даху і тощо. При цьому враховується якість теплоізоляційного матеріалу: його коефіцієнт теплопровідності, рівень паронепроникності, тепловідбиваючі властивості, необхідна товщина шару утеплювача.

Теплопровідність огорожувальних конструкцій (фундаменту, стін, даху) в пасивному будинку не повинна перевищувати $0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, вікон та інших світлопрозорих конструкцій – $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Останній параметр досягається шляхом використання сучасних віконних блоків та склопакетів (рис. 23). Теплопровідність подібного склопакету становить понад $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Прозорі огорожувальні конструкції

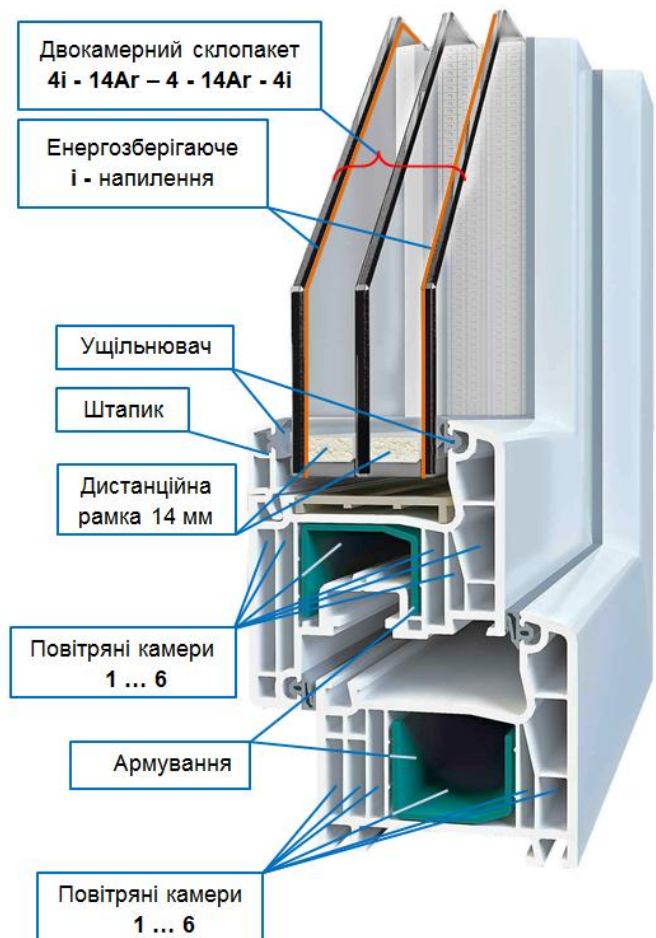
Установка сучасних енергозберігаючих вікон дозволяє скоротити втрати тепла більш ніж на 30-40%. Такий ефект досягається за рахунок конструктивних особливостей пластикових вікон.

Перш за все, профілі, з яких збираються рами, мають 4-6 повітряних камер, що підвищує тепловий опір конструкції.

Замість одинарних стекол в пластикових вікнах використовуються склопакети, що складаються з 2-3 стекол, герметично склеєних в єдиний блок з утворенням повітряних камер. Для ще більшого зниження тепловтрат в склопакеті використовують скло з низькоемісійним покриттям, а камери заповнюють інертними газами (наприклад, аргон). Крім того, між рамою і стулками передбачено по 2-3 контури ущільнень, які перешкоджають виникненню протягів.

Рис. 23.Будова сучасного склопакету

Оцінимо економію для вікна, розміром $1500 \times 1000 \text{ мм}$. При цьому вважатимемо, що середня температура опалювального сезону зовнішнього повітря дорівнює $-1,1^\circ\text{C}$, температура повітря в приміщенні 18°C , а тривалість опалювального періоду становить 187 днів.



Показники енергозберігаючого вікна подано в таблиці 7.

Таблиця 7. Показники енергозберігаючого вікна.

Параметри	Звичайне вікно	Енергозберігаюче вікно (ВЕКА-Softline 82) (4i - 16Ar - 4 - 16Ar - 4i)
Термін служби (років)	30	30
Розрахунковий період експлуатації енергозберігаючих вікон	30 років	
Вартість вікна із зазначеними параметрами за розрахунковий період (з урахуванням монтажу)	вартість вікон 2000 грн. вартість монтажу 500 грн.	3800 грн. (з урахуванням монтажу)
Опір теплопередачі (R)	0,3 м ² · К/Вт	1,29 м ² · К/Вт
Тепловтрати і витрати на тепло за сезон (кВт·год). (грн.)	$Q = \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб} \cdot 3600\text{с}}{R} [\text{Вт} \cdot \text{с}] =$ $= \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб} \cdot 3600}{R \cdot 1000 \cdot 3600} [\text{кВт} \cdot \text{год}] =$ $= \frac{(t_B - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб}}{R \cdot 1000} [\text{кВт} \cdot \text{год}]$	
	19,1°C · 1,5 м ² · 24год · 187 діб / (0,3 м ² ·К/Вт · 1000) ≈ 429 кВт·год.	19,1°C · 1,5 м ² · 24год · 187 діб / (1,29 м ² · К/Вт · 1000) ≈ 100 кВт·год.
	429 кВт·год / 8,5 кВт·год/м ³ · 8,55 грн./м ³ ≈ 431 грн.	100 кВт·год / 8,5 кВт·год/м ³ · 8,55 грн./м ³ ≈ 100 грн.
Загальні витрати на вікна та за тепло за час експлуатації (грн.)	2500+431·30=15430	3800+100·30=6800
Економія за розрахунковий період (грн.)		15430-6800=8630грн.
Середня економія в рік(грн./ рік)		8630 грн. / 30 років ≈ 288
Термін окупності додаткових витрат на установку енергозберігаючого вікна (років)		(3800 грн. - 2500 грн.) / 288 ≈ 4,5 роки
Чиста економія на кожну вкладену гривню за весь термін експлуатації (грн.)		8630 / (3800-2500) = 6,6 грн.

Як бачимо, за рахунок визначеної економії різниця у вартості звичайних і енергозберігаючих вікон повністю окупається за 4,5 роки. До того ж не слід забувати, що сучасні вікна – це не тільки збереження тепла, а і ліквідація протягів та добра шумоізоляція.

Утеплення стін житлових та промислових приміщень

Теплоізоляція будівель є одним з найбільш ефективних способів вирішення проблеми енергозбереження. Переважна більшість будівель України має низькі показники теплової ізоляції, що призводить до значних втрат теплової енергії. Теплозахисні вимоги за старими будівельними нормами до стін, горищного перекриття в кілька разів нижче сучасних вимог. Тому через будівельні конструкції старих будівель втрачається у кілька разів більше енергії, ніж в сучасних будівлях. В середньому таким чином втрачається 20-30 % тепла.

Великі тепловтрати – близько 15-25% – відбуваються через старі вікна. Крім низьких теплотехнічних характеристик, вікна до того ж недостатньо герметичні. У деяких будівлях площа вікон занадто велика – їх розмір не пов'язаний з потребою раціонального освітлення внутрішніх приміщень денним світлом, що раніше було результатом архітектурних тенденцій, запозичених у країнах з теплим кліматом.

Крім того, втрати тепла через дах складають 10-25 %, підвал – до 6 %.

Будинки з хорошою теплоізоляцією споживають менше енергії на опалення та охолодження, отже, спалюється менше викопного палива і менше CO₂ потрапляє в атмосферу. Що важливо, енергоефективний будинок дає ряд переваг власнику – низькі рахунки за опалення, комфортний мікроклімат і хороша звукоізоляція. Тому, як ніколи, стає актуальним утеплення стін, даху та фундаменту. Це стало і державною програмою: в 2013р. вступила в дію зміна №1 до ДБН В.2.6-31: 2006 «Конструкції будинків і споруд: теплова ізоляція будівель», що стосується мінімально допустимих значень опору теплопередачі (R) огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель (див. табл.3).

Відповідального ставлення до утеплення та гідроізоляції вимагають всі елементи будівлі – від підвалу до покрівлі.

Утеплення фундаментів

Втрати тепла відбуваються не тільки через огорожувальні конструкції надземної частини будівлі – стіни і покриття будинку. Фундаменти і підлоги – це конструкції, що контактують з ґрунтом, і через свою поверхню також передають тепло від будинку в ґрунт. Щоб знизити втрати тепла через конструкції нульового циклу (підлоги першого поверху, фундаменти, стіни підвалу), незалежно від матеріалу, з якого вони виготовлені, їх необхідно утеплювати.

Утеплення фундаментів можна виконувати двома способами: зміцнюючи шар теплоізоляції вертикально на зовнішній поверхні зовнішніх фундаментних

стіну (рис. 24), або укладаючи плити утеплювача горизонтально безпосередньо на ґрунт під відмощення по зовнішньому периметру будівлі (рис. 25).

Рис. 24. Утеплення фундаменту плитами полістиролу, які розміщені вертикально на зовнішній поверхні фундаментної стіни

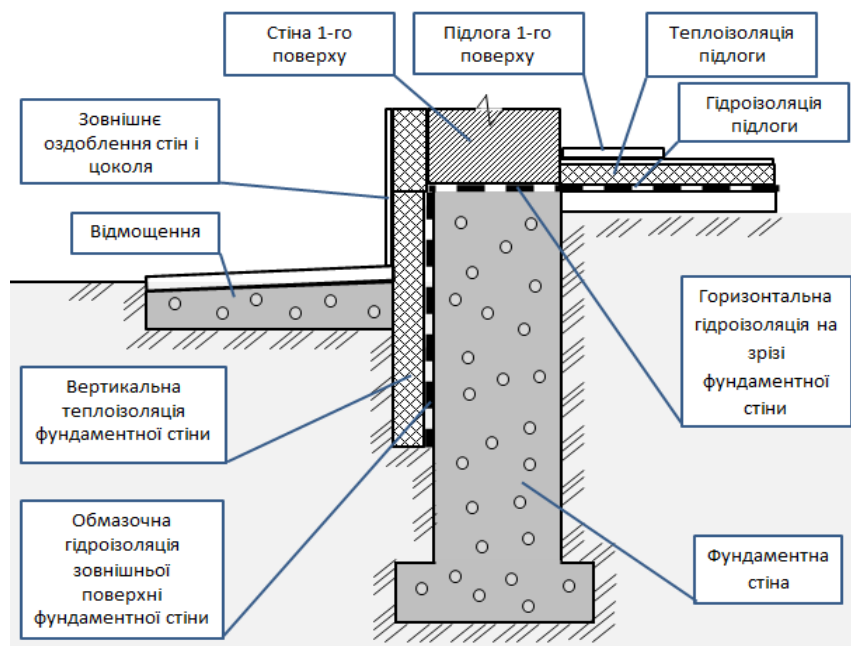
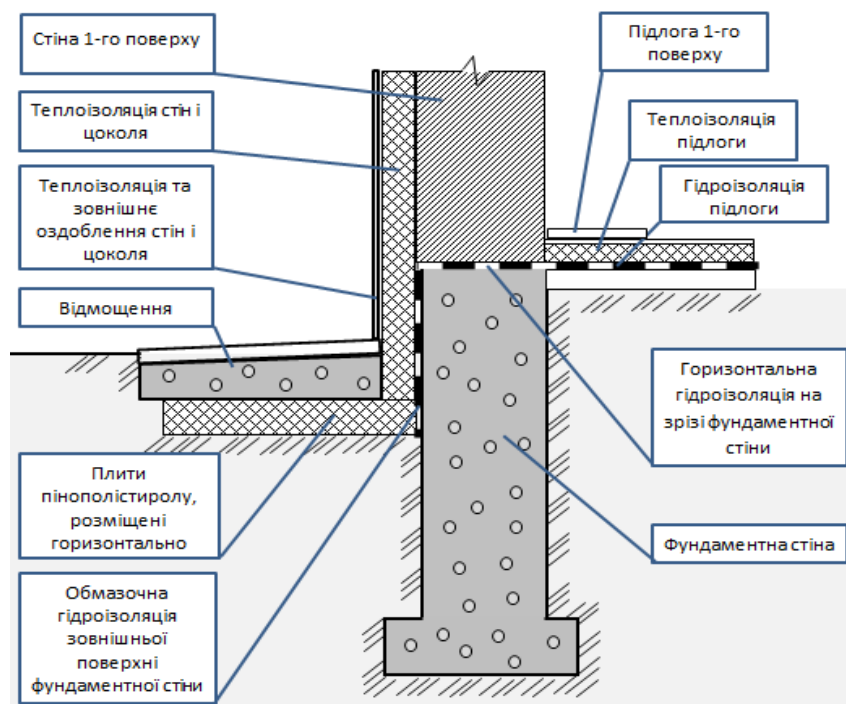


Рис. 25. Утеплення фундаменту плитами полістиролу, які розміщені горизонтально впритиск до зовнішньої поверхні фундаментної стіни



Вертикально розташована теплоізоляція повинна мати висоту, рівну глибині промерзання ґрунту. Для Київської області, наприклад, вона становить 1 м, але зазвичай її укладають, починаючи від підшви фундаменту або від верху фундаментної подушки.

Розташовані таким чином плити теплоізоляції більш ефективно зберігають тепло в будинку.

Але для виконання утеплення фундаментів уже існуючого будинку цим

способом доведеться розібрати вимощення по всьому периметру будинку, розкопати зовнішню сторону фундаментів на глибину мінімум 1 метр.

А після монтажу плит утеплення виконати зворотну засипку траншей з пошаровим ущільненням ґрунту та відновити вимощення. Зате при цьому є можливість виконати також гідроізоляцію фундаментів(якщо її не було) або відновити наявну на зовнішній вертикальній поверхні фундаментних стін.

Мінімальна ширина горизонтального утеплення фундаментів, що впритул примикає до зовнішньої площини фундаментних стін, повинна становити не менше 1 м.

Цей спосіб укладання плит при утепленні фундаментів уже існуючих будинків виключає виконання великих обсягів земляних робіт, так як відпадає необхідність розкопувати фундаменти на всю їх висоту. Але у горизонтального способу утеплення є істотний недолік – немає можливості виконати або зробити ремонт гідроізоляції фундаментів.

Шар утеплення на фундаментних стінах повинен бути суцільним, без просвітів, тобто плити утеплювача слід укласти з щільним примиканням їх країв.

Утеплення фундаментів будинків повинно мати безперервний перехід в утеплення стін першого поверху будинку. Це усуне виникнення містка холоду в рівні перекриття над підвалом або в рівні підлоги першого поверху будівлі.

При утепленні підлоги, яка розташована безпосередньо на ґрунті, утеплювач укладають на бетонну підготовку, поверхню якої перед цим покривають шаром гідроізоляційного матеріалу.

Утеплення стін будівлі

Розглянемо задачу економічної доцільності утеплення стіни шаром пінопласту, товщиною 0,1м., якщо на матеріали та монтаж витрачається 300 грн./м², період експлуатації будівлі 30 років, середня температура зовнішнього повітря дорівнює -1,1°С, температура повітря в приміщенні 18°С, а тривалість опалювального періоду становить 187 днів. Параметри економічної доцільності утеплення стіни подано в таблиці 8.

Таблиця 8. Параметри економічної доцільності утеплення стіни

	Не утеплена стіна	Утеплена стіна
Термін служби (років)	30	30
Розрахунковий період експлуатації будівлі (років)	30	
Вартість матеріалів для утеплення стіни (з урахуванням монтажу) (грн./м ²)	300	
Опір теплопередачі (м ² ·К/Вт)	0,82 м ² ·К/Вт	3,76 м ² ·К/Вт

Теплові витрати і витрати на тепло за сезон	$Q = \frac{(t_b - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб} \cdot 3600\text{с}}{R} [\text{Вт} \cdot \text{с}] =$ $= \frac{(t_b - t_3) \cdot S \cdot 24\text{год} \cdot 187\text{діб}}{R \cdot 1000} [\text{кВт} \cdot \text{год}]$	
(кВт·год)	$19,1^\circ\text{C} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 24\text{год} \cdot 187 \text{ діб} / (0,82 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \cdot 1000) \approx 104,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$	$19,1^\circ\text{C} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 24\text{год} \cdot 187 \text{ діб} / (3,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \cdot 1000) \approx 22,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$
(грн.)	$104,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 8,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 \cdot 8,55 \text{ грн.}/\text{м}^3 \approx 105,2 \text{ грн.}$	$22,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 8,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3 \cdot 8,55 \text{ грн.}/\text{м}^3 \approx 22,9 \text{ грн.}$
Загальні витрати на утеплення та за тепло (грн.)	$105,2 \cdot 30 = 3156$	$300 + 22,9 \cdot 30 = 987$
Економія за розрахунковий період (грн.)		$3156 - 987 = 2169 \text{ грн.}$
Середня економія за рік (грн. / рік)		$2169 \text{ грн.} / 30 \text{ років} \approx 72 \text{ грн.} / \text{рік}$
Приблизний термін окупності додаткових витрат на утеплення стіни (років)		$300 / 72 = 4,2 \text{ роки}$
Чиста економія на кожну вкладену гривню за весь термін експлуатації (грн.)		$2169 / 300 = 7,23 \text{ грн.}$

Як бачимо, для переважної більшості споживачів утеплення зовнішніх стін вже зараз є привабливим термоізоляційним заходом, оскільки термін окупності пінопластом товщиною 0,1м становить 4,2 роки, а кожна вкладена гривня дасть 7,2 гривень чистої економії. До того ж, неутеплені зовнішні стіни збільшують вологу і, як наслідок, сприяють промерзанню та утворенню цвілі. А це, в свою чергу, впливає на стан здоров'я мешканців, зменшує міцність і час експлуатації будинку.

Внутрішнє утеплення стін

Його можна робити, незважаючи на погоду за вікном. І в дощ, і в сніг, і влітку, і взимку – в будь-якому випадку внутрішнє утеплення стін буде проведено однаково якісно. Не потрібно також випускати з уваги, що утеплення стін всередині (рис. 26) можливо проводити без виклику спеціалізованих бригад.

Зовнішній вигляд будівлі при внутрішніх роботах залишиться не-змінним. Домашній фахівець також знає, що внутрішнє утеплення житла обійдеться набагато дешевше, ніж утеплення стін ззовні, а технологія утеплення стін при цьому нітрохи не постраждає.

Є недоліки даного способу утеплення. Дослідженнями експертів встановлено сумна істина, що в місцях з'єднань стін і перекриттів виникають «містки холоду», через які повільно, але вірно виходить тепло.

А точка роси, відповідно, зміщується до внутрішніх конструкцій. Тобто, в першу чергу постраждають стіни від утворення пари і конденсату. Вологе середовище, за даними експериментів, просто рай для скупчення і розмноження грибків та інших шкідливих мікроорганізмів.

Менш істотним, але також недоліком при утепленні стін всередині, є звуження корисного простору житлового приміщення.

Зовнішнє утеплення стін

В умовах зростаючих цін на енергоносії, а також беручи до уваги невідновлюваність більшості розроблюваних джерел енергії, все більш актуальним стає економія енергії, що витрачається на обігрів будівель. Утеплення будівель взагалі і фасадів зокрема є одним з методів вирішення цієї проблеми.

Зовнішнє утеплення фасадів є кращим з ряду причин. Це і захист несучих конструкцій від кліматичних впливів, і відсутність зменшення корисної площі приміщення, і поліпшення зовнішнього вигляду будівлі. Існує кілька основних систем утеплення фасадів:

- легка штукатурна система;
- важка штукатурна система;
- система вентильованого фасаду;
- система колодязного мурування.

Легка штукатурна система

Легка штукатурна система (рис. 27), яка ще називається «система скріпленої теплоізоляції» або система утеплення фасадів мокрим методом, монтується в такий спосіб: на очищену від забруднень основу (фасад будівлі, стіну) за допомогою спеціального клею, приклеюється теплоізоляція, яка потім додатково закріплюється дюбелями (грибками).



Рис. 26. Внутрішнє утеплення стін

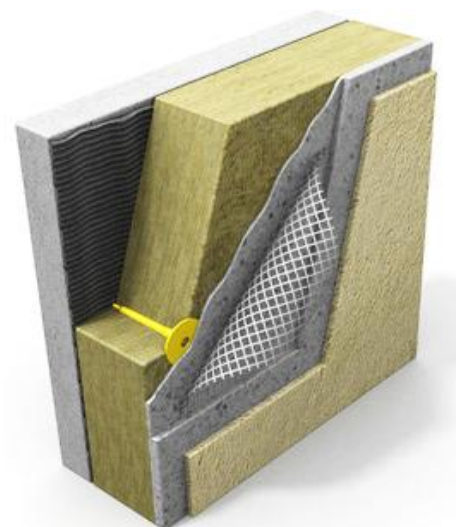


Рис. 27. Легка штукатурна система

Теплоізоляція покривається тонким шаром спеціальної штукатурки з армуванням сіткою зі скловолокна. Заключним етапом утеплення фасаду методом легкої штукатурної системи є нанесення фінішного декоративного покриття. У якості теплоізоляції в даній системі можуть використовуватися як пінополістирольні плити, так і плити з мінеральної вати. Дана система утеплення фасадів прекрасно підходить практично для всіх видів будівель: котеджного, житлового, висотного та комерційного будівництва.

Важка штукатурна система

Важка штукатурна система (рис. 28) називається так завдяки товстому шару зовнішньої захисної штукатурки, через що дана система є особливо міцною і вандалостійкою.

Монтаж важкої штукатурної системи здійснюється наступним чином: спочатку на фасаді будівлі робиться розмітка місць для установки кріплень, після установки кріплень, на них нанижуються спеціально розроблені для цієї системи утеплення плити базальтової теплоізоляції. Потім на теплоізоляцію по всій поверхні встановлюється оцинкована зварна металева сітка, на яку наноситься спеціальний штукатурний розчин. Після застигання штукатурного шару, здійснюється декоративна фінішна обробка. Додатковими перевагами даної системи утеплення фасадів є можливість приклеювання плитки і можливість облаштування рустів. У важкій штукатурній системі утеплення фасадів вся вага конструкції припадає на механічні кріплення, тому особливі вимоги висуваються до якості кріплень і якості їх установки. З огляду на порівняно високу вартість, дана система утеплення застосовується, як правило, для перших поверхів, для комерційних і житлових будівель. Монтаж даної системи утеплення вимагає високої кваліфікації фахівців.

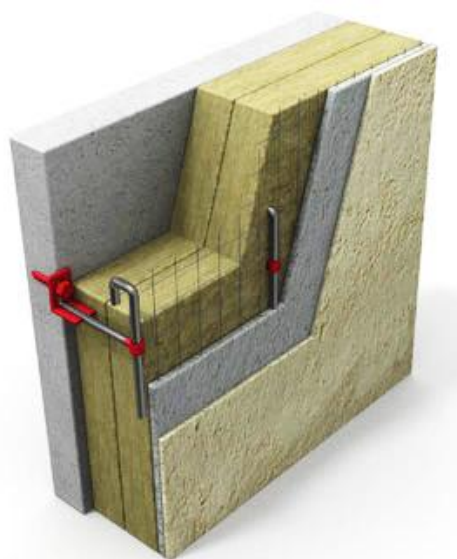


Рис. 28. Важка штукатурна система

Система вентиляваного фасаду

Система вентиляваного фасаду (рис. 29) складається з елементів:

- вертикальних і горизонтальних направляючих, прикріплених до фасаду за допомогою спеціальних кріплень;



Рис. 29. Система вентиляваного фасаду

- теплоізоляції – рекомендується вико-ристовувати тільки мінераловатну теплоізо-ляцію з метою підвищення пожежної безпеки;
- вітрогідрозахисної дифузійної мембрани;
- захисного екрану, в якості якого можуть використовуватися різні матеріали, такі як керамограніт, композитні панелі, металеві касети або сайдинг.

Вентильованою система називається тому, що в її конструкції передбачено облаштування повітряного зазору між теплоізоляцією і зовнішнім захисним екраном.

При цьому висхідні потоки повітря дозволяють виводити пари, що виходять із приміщення крізь утеплювач, цим самим підвищуючи ефективність теплоізоляції. Однак для ефективної роботи даної системи утеплення фасадів необхідний розрахунок фахівця щодо перерізу і кількості розтинів залежно від висоти будівлі, вітрових навантажень і так далі. Залежно від виду матеріалу захисного екрану система вентильованого фасаду підходить здебільшого для комерційного будівництва, хоча цілком прийнятна і для котеджного.

Система колодезяного мурування

Система колодезяного мурування (рис. 30) – це тришарова система, в якій внутрішній шар є несучим, середній шар теплоізоляційний і зовнішній шар виконує декоративні та захисні функції. Виконується зовнішній шар, як правило, у варіанті цегляного мурування. У даній системі утеплення фасадів можуть бути використані різні види теплоізоляції – мінеральна вата, пінополістирол 35-ї серії, перліт та інші. Система колодезяного мурування приваблива порівняно невисокою ціною. Застосовуватися вона може практично для всіх видів будівель, але як правило, обмежується висотою в 3-4 поверхи.

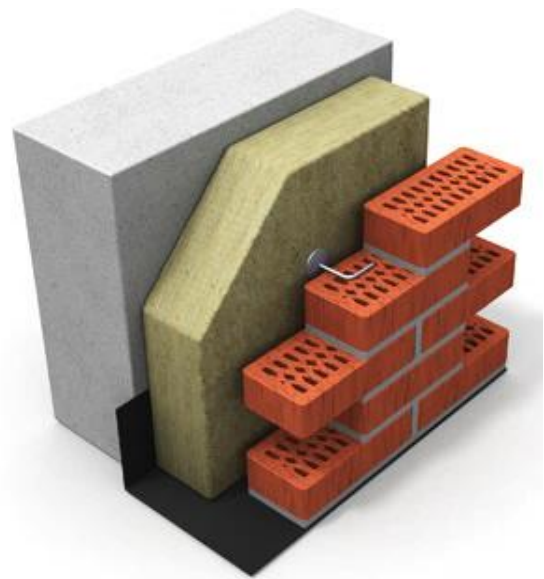


Рис. 30. Система колодезяного мурування

Слід зазначити, що дані системи утеплення фасадів будівель не тільки знижують рівень втрат тепла з приміщення, а й сприяють підвищенню звукоізоляції огорожувальних конструкцій. Гарантією ефективної і довговічної роботи теплоізоляційних систем є чітке дотримання будівельних норм і рекомендацій виробників. Особливу увагу слід приділяти правильному підбору товщини теплоізоляції для утеплення, мінімізації «містків холоду» і міцності кріплення.

Утеплення даху

Утеплювач монтується між стропилами, знизу закривається пароізоляцією, а зверху гідровітрозахистом. Між утеплювачем і покриттям влаштовується вентиляційний контур (рис. 31).

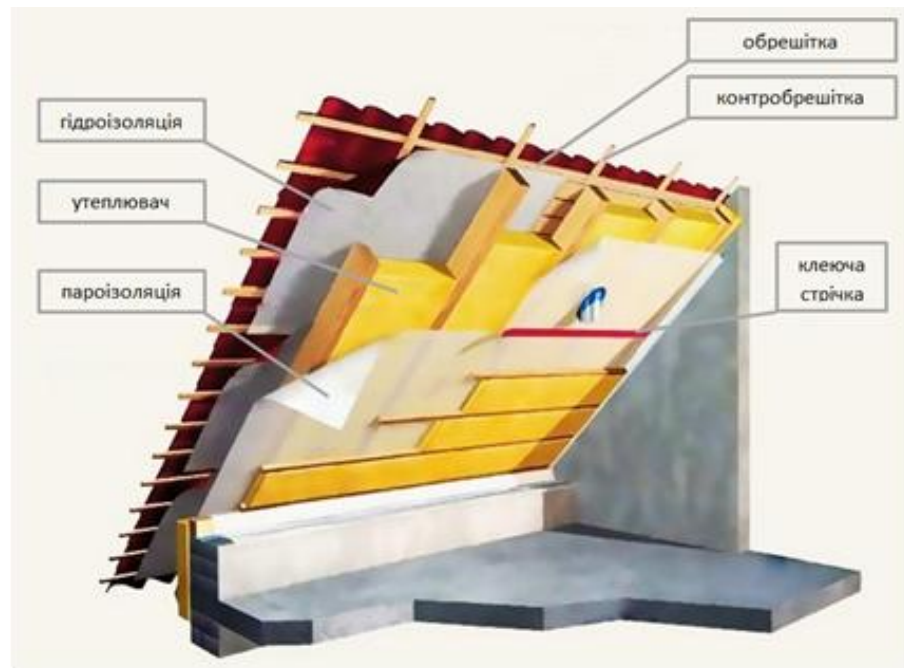


Рис. 31.
Структура
утеплення даху

Залежно від паропропускної здатності гідровітрозахисту може бути один або два вентиляційних зазори. Особливу увагу потрібно приділити монтажу пароізоляції: пар має високу проникаючу здатність, тому шви плівки, місця примикання плівки до стін, пічних та вентиляційних труб необхідно проклеювати спеціальними стрічками.

Для надійної теплоізоляції даху від холоду зимою та від спеки літом товщина мінераловатного утеплювача повинна складати 200мм.

Крім високих теплоізоляційних показників, утеплювач повинен відповідати ще ряду вимог. Перш за все, він повинен бути негорючим. Стропильна конструкція переважно дерев'яна, а відповідно легкозаймиста. Тому негорючий теплоізоляційний матеріал підвищує безпеку перебування у будівлі.

Також утеплювач повинен бути легким, щоб додатково не навантажувати несучі конструкції. Для теплоізоляції важлива висока паропропускаюча здатність, оскільки, незважаючи на пароізоляцію, водяний пар проникає в утеплювач. Відповідно матеріал не повинен перешкоджати виходу пару назовні. Крім цього, утеплювач повинен мати низьке водопоглинення.

Задача 5. Температура повітря в приміщенні $t_b=18^\circ\text{C}$, а зовні $t_3=-5^\circ\text{C}$. Об'єм приміщення 300м^3 . Визначте втрати тепла з приміщення при значеннях

коефіцієнту інфільтрації 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 протягом години та опалювального сезону.

Дано:

$t_b = 18^\circ\text{C};$
 $t_3 = -5^\circ\text{C};$
 $V_{\text{п}} = 300\text{м}^3;$
 $m = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$
 $\rho_{\text{пов}} = 1,225 \text{ кг/м}^3$
 $c_{\text{пов}} = 1005 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$
 $Q_1 - Q_4 - ?$

Розв'язання:

Коефіцієнт інфільтрації m – це відношення повітрообміну в приміщенні $V_{\text{пов}}$ до його об'єму $V_{\text{п}}$. Втрати тепла з приміщення визначається формулою:

$$Q = c_{\text{пов}} \cdot m_{\text{пов}} (t_b - t_3),$$

де $m_{\text{пов}}$ – маса нагрітого повітря, що вийшло з кімнати в наслідок повітрообміну,

$c_{\text{пов}} = 1005 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ – питома теплоємність повітря

$$m_{\text{пов}} = \rho_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пов}},$$

Тоді маємо:

$$Q = c \cdot m_{\text{пов}} (t_b - t_3) = c \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot V_{\text{пов}} \cdot (t_b - t_3),$$

а з урахуванням коефіцієнта інфільтрації:

$$m = \frac{V_{\text{пов}}}{V_{\text{п}}}$$

$$Q = c \cdot m_{\text{пов}} (t_b - t_3) = c \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot m \cdot V_{\text{п}} \cdot (t_b - t_3)$$

$$Q = 1005 \cdot 1,225 \cdot m \cdot 300 \cdot (18 - (-5))$$

При значенні $m=0,5$ маємо:

$$Q = 1005 \cdot 1,225 \cdot 0,5 \cdot 300 \cdot (18 - (-5)) = 4247681 \text{ Дж} \approx 4,25 \text{ МДж}$$

Відповідь: при різних коефіцієнтах інфільтрації щогодинні втрати тепла з приміщення будуть такими:

m	Q (МДж)
0.5	4,25
1.0	8,5
1.5	12,75
2.0	17

Питання для перевірки:

1. Які заходи з утеплення ви вважаєте найбільш ефективними для вашого будинку? Відповідь обґрунтуйте.
2. Підготуйте реферат на тему «Будинок моєї мрії» з розділами:
 - матеріали;
 - архітектура;
 - технологія;
 - утеплення.

Задачі для самостійного розв'язання

Задача 6. Коефіцієнт теплопередачі стін пасивного будинку становить $0,15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Припускаючи, що стіна будинку складається з пінобетону, товщиною 200мм , з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, шару піно-пласту, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ та двох шарів шту-катурки, товщиною 10 мм . кожен, з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,32 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, визначте товщину шару пінопласту, необхідного для досягнення таких умов.

Задача 7. Опір теплопередачі горищного перекриття згідно з ДБН В.2.6-31: 2006 «Конструкції будинків і споруд теплова ізоляція будівель» для І-ї температурної зони становить $4,95 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Припустимо, що горищне перекриття будинку складається з шару мінеральної вати з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,044 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Визначте товщину мінеральної вати, необхідну для виконання вимог ДСТУ.

Задача 8. Визначте коефіцієнт компактності будинків наступних геометричних форм:

- a) квадрат;
- b) шестигранник;
- c) циліндр;
- d) прямокутник.

Початкові умови: $A=180\text{м}^2$, $V=540\text{м}^3$.

Задача 9. Визначте коефіцієнт компактності будинку, де мешкає ваша сім'я.

Задача 10. В результаті реконструкції будівлі, з об'ємом повітря 14200 м^3 коефіцієнт інфільтрації вдалось зменшити з $2,0$ до $0,7$. Знаючи, що температура повітря в будівлі $t_{\text{в}}=18^\circ\text{С}$, зовні $t_{\text{з}}= -5^\circ\text{С}$, визначте кількість зекономленої енергії протягом опалювального сезону.

7. Організація енергозбереження на підприємстві та робочому місці

Під організацією енергозбереження на підприємстві розуміється керівництво роботами, спрямованими на економне використання паливно-енергетичних ресурсів. Це керівництво зазвичай виконує безпосередньо керівник структурної ланки (цеху, будівельного майданчика) підприємства на чолі з головним інженером.

Енергетичний баланс підприємств

Енергетичний баланс промислових підприємств є найбільш важливою характеристикою енергетичного господарства підприємства. Енергетичний баланс установлює відповідність між сумарною підведеною енергією і сумарною корисною енергією і втратами. При складанні балансу розглядаються такі види споживаної енергії: електроенергія, газ, мазут, пара тощо. Далі виробляються кількісні виміри споживання енергії на всі ці види, у тому числі втрати енергії.

Складання балансу здійснюється на підставі даних про фактичне споживання енергії; для одержання даних використовуються будь-які прилади – лічильники електроенергії, газу, пари, води, опалення тощо.

Вивчення енергетичних балансів дає можливість установити фактичний стан використання енергії як на окремих елементах підприємства, так і на підприємстві в цілому. Енергетичний баланс дозволяє зробити висновки про ефективність роботи підприємства. Після закриття балансу повинні бути виявлені об'єкти підприємства, де можна заощадити енергію.

Залежно від виду і параметрів енергоносіїв баланс може бути частковим (складеним для даного енергоносія) або зведеним – енергобалансом за сумарним споживанням теплових енергоресурсів, при складанні часткових енергетичних балансів кількісний вимір енергоносіїв здійснюють в джоулях (мегаджоулях, гігаджоулях), кіловат-годинах, тонах умовного палива. При складанні зведеного енергетичного балансу вимір різних енергоресурсів і енергоносіїв здійснюють в тонах умовного палива.

Для складання і аналізу енергетичного балансу підприємства вихідна інформація має такий вигляд:

- загальна виробнича і енергетична характеристики підприємства (обсяги і номенклатура продукції, що випускається, її собівартість з виділенням енергетичної складової тощо);
- опис схеми матеріальних і енергетичних потоків;
- перелік і характеристика основного енергоспоживаючого устаткування;
- дані про витрати енергоносіїв;
- дані про роботу з раціонального використання енергії на підприємстві.

Схема матеріальних і енергетичних потоків супроводжується описом видів і параметрів енергоносіїв, стану використання вторинних енергетичних ресурсів, сис-

теми обліку і контролю витрати енергії та енергоносіїв.

Аналіз енергетичного балансу складається з якісної і кількісної оцінки стану енергетичного господарства підприємства.

Аналіз використання енергоносіїв може бути проведений шляхом порівняння фактичних показників з нормативними, фактичними за минулий період, перспективними аналогічними на інших підприємствах. При цьому порівняння показників повинне проводитися з урахуванням умов порівнянності (при однакових обсягах, складі і якості продукції тощо).

Ефективність використання енергії в установці можна характеризувати коефіцієнтом корисної дії, який визначається за формулою

$$\eta = E_{\text{кв}} / E_{\text{п}},$$

де $E_{\text{кв}}$ - кількість корисно використаної енергії,

$E_{\text{п}}$ - кількість підведеної енергії.

При оцінці ефективності використання енергоресурсів на підприємстві сумують кількість використаної і підведеної енергії на всіх установках для різних видів енергоносіїв. У результаті вивчення енергетичного балансу оцінюється такий важливий показник ефективності, як енерговикористання – питома витрата енергії на виробництво продукції.

Галузева матриця енергоменеджменту на підприємстві

У всіх галузях економіки держави доцільно використовувати так звану галузеву матрицю, що дозволяє оцінювати поточний рівень енергоменеджменту на підприємстві та його динаміку протягом певного часу.

Матриця енергоменеджменту показує рівень в балах (за 5 бальною шкалою) організації менеджменту за шістьма параметрами:

1. Енергополітика підприємства (ЕП) (головний параметр) характеризує цілеспрямованість галузевого підприємства у сфері впровадження заходів з енергозбереження. Енергополітика галузевого підприємства повинна бути спрямована за конкретними відділками даного підприємства. Наприклад, якщо підприємство багато споживає газу, то саме на цей енергоносіїв повинна бути спрямована енергополітика, що повинно включати конкретні кроки і вказувати конкретні строки їх використання;

2. Організація енергоменеджменту (ОМ) спрямована на впровадження організаційних заходів, таких як організація так званих енергооблікових центрів (ЕОЦ), організація спецгруп енергоменеджменту, а також введення самої посади енергоменеджера підприємств;

3. Мотивація персоналу (МП). До заходів з енергозбереження, яка передбачає певні кроки галузевого підприємства для заохочення персоналу шляхом матеріального заохочення за досягнення в енергозбереженні, підви-

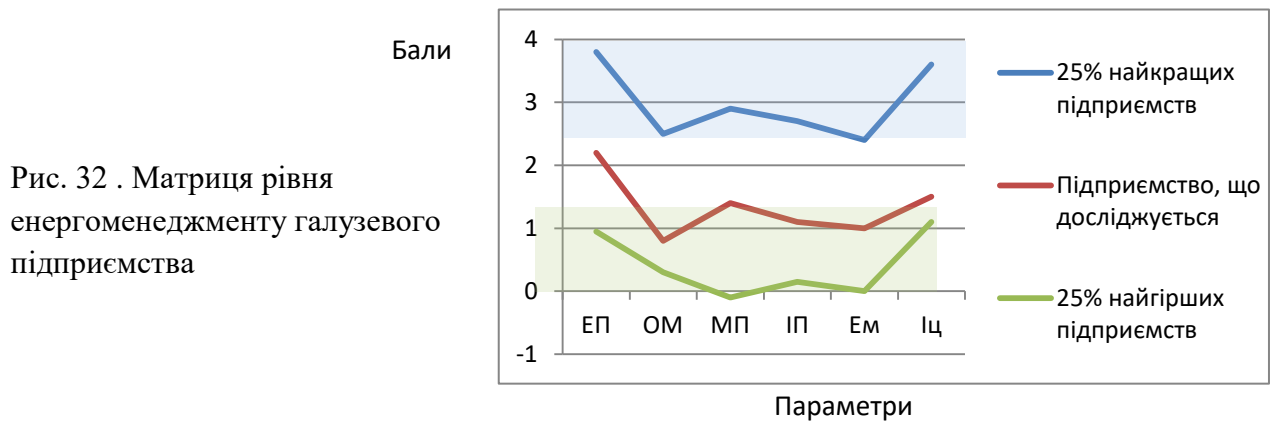
щення заробітної платні, а також моральні заходи (відзнаки, грамоти), накази про підвищення, посадові надбавки;

4. Інформованість персоналу (Іп) про стан заходів з енергозбереження та про їх виконання або не виконання;

5. Стан справ з енергомаркетингу на підприємстві (Ем);

6. Інвестиції в енергозберігаючі заходи (Іц).

Галузева матриця показує (рис. 32) справжню картину діяльності підприємства у порівнянні зі спорідненими підприємствами цієї галузі. Для порівняння вибирають 25% найкраще працюючих підприємств галузі і 25% найгірше працюючих підприємств.



Після побудови галузевої матриці розробляються заходи щодо усунення недоліків, які були виявленні під час побудови матриці та покращення енергетичного балансу підприємства. Робота досить складна потребує зусиль як з боку служби енергоменеджменту підприємства, так і з боку керівництва.

Організація робочих місць

Складовим елементом організації енергоефективної праці на підприємстві є організація робочих місць з метою створення на кожному з них перш за все необхідних умов для високопродуктивної і високоякісної праці за якомога менших фізичних зусиль і мінімального нервового напруження працівника.

Робоче місце – це первинна ланка виробництва, зона докладання праці одного або кількох виконавців, визначена на підставі трудових та інших діючих норм і оснащена необхідними засобами для трудової діяльності.

Оснащення робочого місця складається із сукупності засобів праці, необхідних для виконання конкретних трудових функцій, тобто основного технологічного і допоміжного обладнання; організаційного оснащення (засоби зв'язку і сигналізації, робочі меблі, тара тощо); технологічного оснащення (робочі та вимірювальні інструменти, запасні частини тощо); робочої документації; засобів комунікації для подачі на робоче місце енергії, інформації, матеріалів, сировини та ін.

Комплексне оснащення робочого місця є необхідною передумовою забезпечити зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, ефективної організації процесу праці. Іншою важливою умовою є раціональне просторове розміщення засобів оснащення на робочому місці так, щоб економію рухів і переміщень працівника, зручне робоче положення, хороший огляд робочої зони, безпеку праці, економію виробничої площі, зручний взаємозв'язок із суміжними робочими місцями, з підлеглими і керівниками. Забезпечення цих умов досягається у процесі планування робочих місць, яке ми коротко визначаємо як найраціональніше просторове розміщення матеріальних елементів виробництва, що становлять оснащення робочого місця та самого працівника (рис. 33).

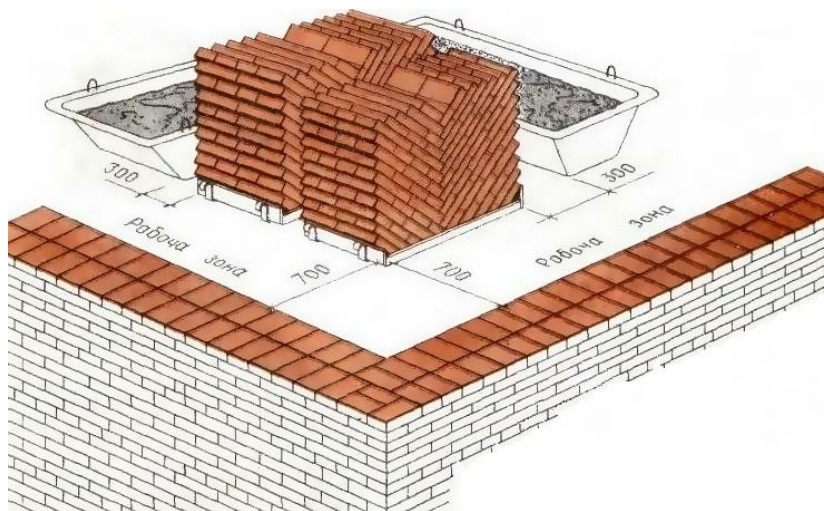


Рис. 33. Робоче місце муляра

Рівень організації праці на конкретному робочому місці залежить також від якості його обслуговування. Обслуговування робочого місця передбачає своєчасне забезпечення його всім необхідним, включаючи технічне обслуговування (наладку, регулювання, ремонт); регулярну подачу необхідних видів енергії, інформації та витратних матеріалів; контроль якості роботи обладнання, транспортне та господарське обслуговування (прибирання, тощо).

Важливим завданням у поліпшенні організації праці є встановлення найдоцільніших режимів праці та відпочинку. Розрізняють змінний, добовий, тижневий та місячний режими праці та відпочинку. Вони формуються з урахуванням працездатності людини, яка змінюється протягом доби, що береться до уваги передусім у змінному та добовому режимах.

Обслуговування робочих місць здійснюється за такими функціями:

- енергетична – забезпечення робочих місць електроенергією, стисненим повітрям, парою, водою, а також опаленням виробничих приміщень;
- транспортно-складська – доставка предметів праці до робочого місця, вивезення відходів виробництва, зберігання, облік і видача матеріалів, сировини та інших цінностей;
- підготовчо-технологічна – розподіл робіт за робочими місцями, комплектування технічної документації, підготовка інструменту та допоміжних

матеріалів, інструктаж виконавців щодо передових методів праці;

— інструментальна – зберігання, застосування, комплектування і видача на робочі місця всіх видів інструменту, пристроїв, технологічного оснащення;

— налагоджувальна – налагодження і регулювання технологічного устаткування;

— міжремонтна – профілактичне обслуговування;

— контрольна – контроль якості робіт, сировини і готових виробів;

— облікова – облік бракованої продукції та аналіз причин браку, профілактичні заходи для підвищення якості продукції.

Усі ці функції мають виконуватися безперервно й у певних організаційних формах, зокрема стандартному, планово-попереджувальному, черговому обслуговуванню робочих місць.

В будівництві методи стимулювання економії енергоресурсів поділяються на соціальні, матеріальні і примусові.

Соціальні методи впливу

Соціальні методи включають заходи морального впливу на членів суспільства – від пропаганди до різних форм індивідуального заохочення.

До пропаганди економії енергоресурсів можна віднести наочну агітацію, що ілюструє прийоми і способи, конкурси на пропозиції щодо найекономічніших режимів роботи на енергозберігаючих пристроях, розробку відповідних пропозицій для раціоналізаторів і винахідників, постачання робітників інструкціями з експлуатації устаткування, що враховують енергозберігаючі прийоми роботи, вивчення і розповсюдження наявного досвіду споріднених підприємств за економічними прийомами експлуатації устаткування.

До форм індивідуального заохочення можна віднести накази з оголошенням подяки, вручення Почесних грамот, занесення на дошку пошани, статті в газеті, привласнення звань кращого раціоналізатора тощо. Для вживання цих методів велике значення має знання закономірностей соціальної психології і індивідуальної психіки людини.

Матеріальні методи впливу

З матеріальних методів дії в будівництві отримали розповсюдження системи матеріального заохочення за економію енергоресурсів. Для цього розробляються спеціальні системи економічного стимулювання. Ними дозволяється частину вартості заощаджених в порівнянні з нормованою кількістю паливно-енергетичних ресурсів перевести до преміального фонду на заохочення працівників, що заощадили паливо і енергію. При цьому преміальна фундація формується незалежно від інших – господарських показників. Виплату премій за економію або утримання за перевитрату проводять щокварталу. Остаточний розрахунок премій проводять в кінці календарного року.

Примусові методи впливу

За перевитрату паливно-мастильних матеріалів з вини працівників адміністрація має право проводити утримання: з робітника – до 50 %, з бригадира – 10 вартості паливно-мастильних матеріалів. За перевитрату паливно-енергетичних ресурсів стягується в дохід підприємства вартість цієї перевитрати в 1,5-кратному розмірі. Примусові методи дії, спрямовані на економію енергоресурсів, частіше за все виступають у вигляді інструкцій, нормативних положень і рекомендацій. Їх виконання перевіряють при контрольних обстеженнях з оформленням відповідних актів. У випадках, коли заподіюється значний матеріальний збиток або істотна шкода інтересам підприємства, посадовці можуть притягати до кримінальної відповідальності.

Підводячи підсумки методам стимулювання економії енергоносіїв, слід мати на увазі, що технологічні і енергетичні режими у багатьох випадках взаємозв'язані. Оптимальним енергетичним режимом відповідає максимальна продуктивність технологічного устаткування з мінімальними питомими витратами енергії.

Можна підсумувати, що у сучасному світі виграють не ті країни, які володіють енергією, а ті, які можуть і вміють ефективно її використовувати. Україна – далеко не перша держава у Європі, яка зіткнулася з необхідністю підвищення енергоефективності житлових будинків. Позитивним для нас є те, що, освоюючи нові технології, ми вже можемо покладатися на позитивний практичний досвід інших країн. Акумулюючи результати вже реалізованих реформ і власних розробок, ми можемо знайти найбільш прийнятні моделі для кожного регіону України, враховуючи його індивідуальну специфіку.

Таким чином, енергоефективність повинна стати не просто пріоритетом держави, а й ринковим ресурсом, що підтримується переконанням кожної окремо взятої людини. Досягнення цього полягатиме у свідомій суспільній діяльності населення щодо формування соціальних стереотипів, у яких переважає вплив особистості у сфері індивідуального споживання паливо-енергетичних ресурсів. Усвідомлення кожною людиною необхідності використання енергоощадних техніки і технологій та ефективного енергоспоживання, тобто утвердження нових ціннісних орієнтирів у суспільстві, дозволить сформувати енергозберігаючий тип суспільної свідомості і використовувати енергозбереження як ресурс розвитку і формування ефективного енергоринку.

Питання для перевірки:

1. Підготуйте інформацію, як організоване з точки зору ефективності ваше робоче місце на підприємстві під час виробничої практики.
2. Які методи стимулювання економії енергоресурсів застосовуються на підприємстві під час виробничої практики?

Список використаних джерел

ДБН В.2.6-31: 2006 «Конструкції будинків і споруд теплова ізоляція будівель».

ДСТУ-Н Б А.2.2-5: 2007. «Настанова з розроблення енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції».

ДБН Б.2.2 - 12:2018 "Планування і забудова територій".

Лісенко В.А., Суханов В.Г., Загорчешний Ю.О., Верьовкіна С.Є. Архітектурно-конструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. Учебний посібник. Одеса: Optimum, 2015. 253 с.

Дзяна Г.О. Соціально-екологічні аспекти реалізації державної політики у сфері енергозбереження України [монографія] / Г.О.Дзяна, Р.Б.Дзяний. Л.: ЛРІДУНАДУ, 2010. –208 с.

Інформаційний ресурс «Теплий дім». –

URL: <http://teplydim.com.ua>.

Сайт Європейсько-українського енергетичного агентства. –

URL: <http://euea-energyagency.org/uk/>

Сайт проєкту GIZ «Енергоефективність у будівлях». –

URL: <http://www.eeib.org.ua>.

Сайт GoodKrovlya. –

URL: <http://goodkrovlya.com/montazh/uteplenie/uteplenie-skatnoj-krovli.html>

Сайт Visbud engeneereng company. –

URL: <http://visbud.com.ua/energoberegayushhij-dom/>

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

*(на допомогу викладачам закладів професійної (професійно-технічної) освіти
за професіями будівельного профілю)*

Головний редактор:

Редактор:

Коректор:

Комп'ютерна верстка:

Дизайн обкладинки:

Тетяна РУСЛАНОВА

Ольга ГОРЄНKOBA

Ольга ГОРЄНKOBA

Олена ЯКОВЕНКО

Олена ЯКОВЕНКО



Науково-методичний центр професійно-технічної освіти у Харківській області

61121 м.Харків, вул. Владислава Зубенка, 37, 4 поверх

Тел.: (0572) 69-32-79

E-mail: pr.nmc@ptukh.org.ua



<https://www.facebook.com/groups/162399237723984/>

