

АГЕНЦІЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

**АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ТА ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ
ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У
ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ЩОДО ПРАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНОГО ТА
ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА
НА ТЕРЕНАХ ЛЬВІВЩИНИ**

Львів 2008

Авторський колектив

1. М.А.Саницький
2. О.Р.Позняк
3. І.В.Бідник
4. Д.В.Кротов
5. Т.І.Маковська
6. Л.М.Мочарська
7. С.М.Рожко

Під редакцією:

**д.т.н., академіка Академії будівництва України, професора М.А.Саницького,
к.т.н. О.Р.Позняк**

ВСТУП

Зміни технологій у будівництві, свідками яких ми стали протягом останніх років, сміливо можна назвати революційними. Вони створили не тільки можливість для будівництва та реконструкції будинків за енергоощадними технологіями відповідно до екологічних вимог, але і зробили широко доступними принципово інші вимоги до загального рівня комфорту. Відтепер енергетична ефективність будівництва щораз більше визначається не коштами будівництва, що безумовно надзвичайно важливо, а коштом експлуатації.

Одним з найбільших споживачів енергії в Україні і надалі залишається житлово-комунальний сектор, який використовує понад 50% енергії, що виробляється. Тому, з погляду стратегії сталого розвитку та раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів й підвищення енергоефективності житлово-комунального сектора України, необхідно здійснити відповідне економічне обґрунтування стратегії енергоощадності, а також розробити сучасну науково-нормативну базу проектування енергоефективних будинків, здійснити термомодернізацію існуючого житлового фонду, вивести на ринок сучасні інноваційні системи будівництва, технологій та матеріалів.

На практиці підвищення енергоефективності можна досягнути шляхом запровадження будівельного енергетичного менеджменту. З однієї сторони це дасть можливість отримати більш повну картину енергозатрат при виготовленні будівельних матеріалів, а з іншої – відстежити споживання енергії в уже існуючих будівлях, тобто запровадити концепцію енергетичної ефективності на самих ранніх стадіях.

Відтепер, завдяки змінам в технологіях будівництва, можна будувати та ремонтувати будинки з урахуванням вимог економіки, енергозбереження та екології. Водночас, будинки, які були збудовані в ті часи, коли паливні ресурси здавались безмежними, сьогодні вимагають так багато енергії, що їх експлуатація накладає важкий тягар на паливно-енергетичний комплекс, а будівництво нових будинків, які не відповідають нормативним вимогам, ще більше загострює дану проблему.

Суттєвий вплив на споживання енергії мають, головним чином, стінові матеріали, перекриття, двері і вікна, а також вентиляція. Тому в будівництві, так само як і в автотранспорті, щораз більшого значення набувають кошти експлуатації. Досвід розвинутих країн ЄС свідчить, що на нинішньому рівні розвитку техніки втрату тепла в будинках можна зменшити навіть у 4-5 разів, що означає величезні резерви енергозбереження.

За умови системного підходу до проблеми її необхідно вирішувати одночасно у двох площинах: нове будівництво та реконструкція.

При новому будівництві ще на етапі проектування повинен розглядатись весь комплекс завдань:

- комфорт та екологічна безпека
- кошт будівництва та кошт експлуатації
- енергоємність технологій, матеріалів та продуктивність праці

- енергетична автономізація з широким використанням альтернативних джерел енергії

При реконструкції головними завданнями є: зменшення питомих видатків на енергозабезпечення та персоніфікація обліку. Реалізувати ці завдання в повній мірі можна, якщо роботу проводити у наступних напрямках:

- утеплення конструкцій огороження з використанням автономної рекупераційної вентиляції
- модернізація систем теплопостачання із запровадженням персоніфікованого обліку за кожним видом енергії.

Найбільш важливим є перший напрямок, і не тільки тому, що він забезпечує відчутний кількісний результат, але й тому, що після комплексної реконструкції будинків модернізація інженерних систем дає найбільш повний ефект.

Враховуючи вищенаведене, Львівською облдержадміністрацією розроблено комплексну Програму енергозбереження для бюджетної сфери і населення, метою якої є кардинальне (в 3-5 разів) зменшення споживання енергоресурсів на цілі опалення та скорочення рівня бюджетних призначень на субсидіарне забезпечення видатків на опалення. Водночас, з метою стимулювання ефективного використання енергетичних ресурсів у побуті, для населення запроваджено механізм відшкодування відсотків за кредитами, отриманими на здійснення енергозберігаючих заходів.

Задля оздоровлення власного генофонду і відродження природного потенціалу, людина повинна, поєднавши свою фізіологію з духовністю, стабільно дбати про екологічно економне та біологічно чисте середовище. Необхідно формувати філософію чистого і здорового житла й побуту як кодекс поведінки, як закон гармонізації суспільства, зрештою, а сьогодні можливо і у першу чергу - як інстинкт самозбереження.

ЗМІСТ

Вступ		
1	Еколого-економічні аспекти енергозбереження в народному господарстві. Завдання законодавства з енергозбереження	
2	Проблеми енергозбереження в житлово-комунальному секторі	7
3	Основи теплофізики будівель	5
4	Вимоги до сучасних будівельних матеріалів і технологій.	4
5	Резерви енергозбереження. Термомодернізація будинків – основний резерв енергозбереження в житлово-комунальному господарстві	1
6	Основні принципи енергозберігаючих заходів. Пасивне будівництво – технологія майбутнього	6
7	Енергетичний паспорт та енергоаудит будинків	02
8	Методичні рекомендації	12
	Список використаних першоджерел	24
	Додатки	26

РОЗДІЛ 1

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ. ЗАВДАННЯ ЗАКОНОДАВСТВА З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

На сучасному етапі розвиток народного господарства кожної країни залежить від способу вирішення трьох важливих проблем: виробництва енергії, економіки та екології. При цьому важливо, щоб енергетика не розвивалася за рахунок природного середовища чи поза законами економіки. Не можна допустити також швидкого вичерпування запасів енергії. Тому найбільш раціональний спосіб розвитку країни сьогодні повинен враховувати ще й екологічний аспект, тобто принцип сталого і збалансованого розвитку, який об'єднує всі ці залежності.

Одним із основних факторів, які визначають можливості розвитку економіки, є забезпеченість всіх її складових паливно-енергетичними ресурсами, що відображають наявність пропозицій на ринку енергоносіїв. Забезпечення енергетичних потреб людства є глобальною, стратегічною проблемою планетарного масштабу, складність і протиріччя якої щоразу зростає, що зумовлено: збільшенням чисельності населення і об'ємів виробництва; ростом енергоспоживання; вичерпуванням запасів традиційного палива; погіршенням екологічної ситуації та кліматичними змінами.

На даний час близько 90% джерел енергії походить з невідновлювальних ресурсів – нафта, природний газ, вугілля, уран, запаси яких зменшуються надзвичайно швидко (рис.1.1). Вичерпування невідновлювальних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), відсутність реальних альтернатив їх заміни, наявність ризиків при їхньому виробництві і транспортуванні останнім часом набувають все більшого значення у зв'язку з загальною нестабільністю у регіонах видобутку ПЕР та напругою на паливно-ресурсних ринках.

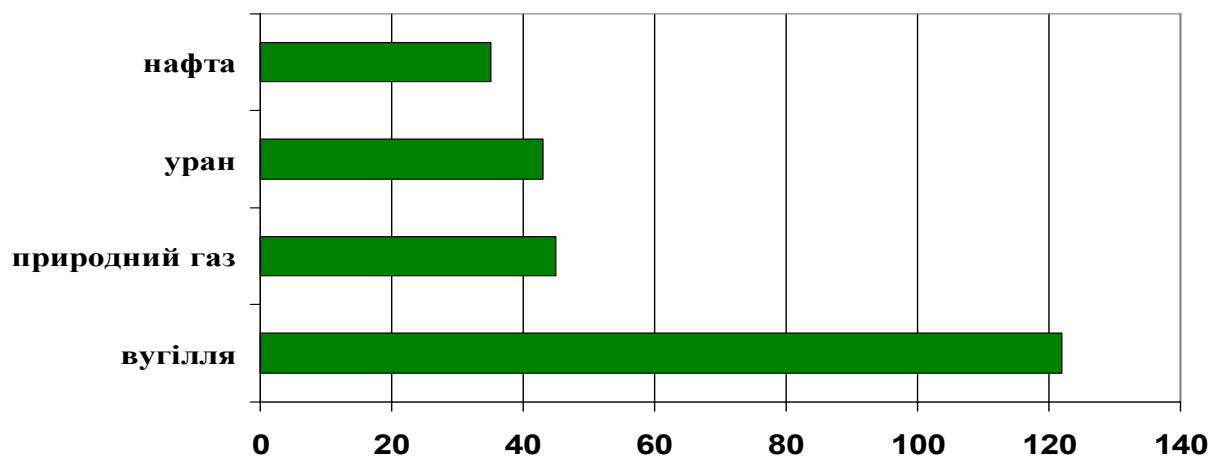


Рис.1.1. Запас джерел енергії

Процес накопичення корисних копалин тривав мільйони років, а на даний час споживання нафти і газу втричі перевищує потенціал балансу за рахунок відкриття нових родовищ (рис.1.2), тобто по факту маємо прогресуюче вичерпання енергетичних запасів. **Запаси** корисних копалин – це вся кількість копалин, яка знаходиться всередині землі. **Резерви** – це кількість корисних копалин, які можна безпосередньо видобути для цільового використання. Вони, як правило, є менші, ніж запаси.

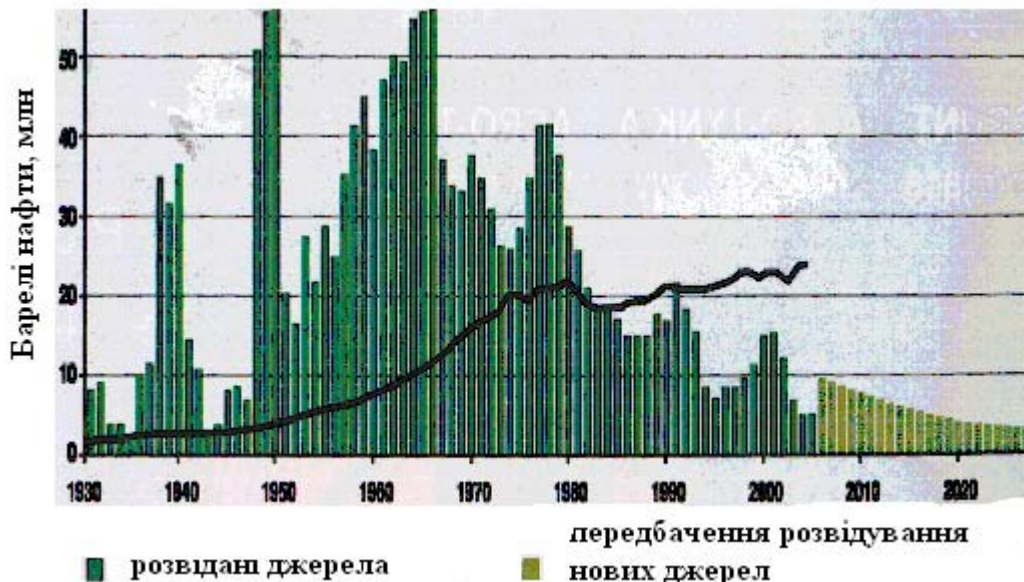


Рис.1.2. Світові запаси нафти

Слід відзначити, що в майбутньому використання корисних копалин в подальшому очевидно буде залежати від наступних чинників:

- зростання кількості населення;
- зростання обсягів виробництва в розвинутих країнах;
- зростання промислового виробництва країн, що розвиваються;
- коефіцієнту корисної дії установок, що спалюють паливо;
- ступеня термічної ізоляції будинків.

До найбільших проблем, пов'язаних із корисними копалинами належать:

- забруднення атмосфери і загроза глобального росту температури;
- загроза забруднення океанів нафтою;
- заборгованість країн, які розвиваються, внаслідок імпорту нафти.

Розвинені країни світу, насамперед, країни ЄС, які вже досягли значних успіхів у вирішенні проблем енергоефективності, продовжують пошук нових джерел енергозабезпечення та розробку заходів щодо енергозбереження. З огляду на ситуацію, що сьогодні складається, вирішення цих проблем відбуватиметься в умовах загальної нестабільності в світі (в тому числі і на паливно-ресурсних ринках), несприятливих прогнозів щодо подальшого зростання цін на енергоресурси та незначних іноземних інвестицій у вітчизняну економіку. Досвід розвинутих країн і власний досвід України вказує на необхідність державного регулювання процесами енергозбереження та проведення цілеспрямованої державної політики. Тільки держава шляхом виваженої, законодавчої, гнучкої цінової, тарифної та податкової політики може забезпечити дієздатність фінансового механізму енергозбереження.

Питання економії енергії і підвищення ефективності її використання є актуальним і з екологічної точки зору, оскільки сьогодні атмосфера Землі розігрівається набагато швидше, ніж будь-коли в минулому. За даними ООН, із кінця XIX до початку XX століття глобальна температура на земній кулі підвищилася загалом на $0,6^{\circ}\text{C}$. В той же час, середня швидкість підвищення глобальної температури до 1970 р. становила $0,05^{\circ}\text{C}$ за 10 років, а останніми десятиліттями вона подвоїлась (рис.1.3). Це зумовлено діяльністю людини: по-перше, людина підігріває атмосферу, спалюючи велику кількість вугілля, нафти, газу, по-друге, і це головне, в результаті спалювання органічного палива, а також внаслідок знищення лісів у атмосфері нагромаджується вуглекислий газ. За останні 10 років вміст вуглекислого газу в повітрі збільшився на 17%. У земній атмосфері вуглекислий газ діє як скло в теплиці чи парнику: він повільно пропускає сонячні промені до поверхні Землі, але втримує її тепло. Це спричиняє розігрівання атмосфери, відоме як парниковий ефект. За розрахунками вчених, до 2010 р. через парниковий ефект середньорічна температура на Землі може підвищитися навіть на $5,8^{\circ}\text{C}$. Якщо людство не зменшить обсягу забруднень атмосфери й глобальна

температура зростатиме й надалі, як це відбувається протягом останніх 20 років, то дуже швидко клімат на Землі стане теплішим, ніж будь-коли впродовж останніх 100 тис. років. Це прискорить глобальну екологічну кризу. Поруч з цим, згідно останніх досліджень фахівців, оприлюднених на Асамблеї ООН у Нью-Йорку, Північний льодовитий океан більше не поглинає вуглекислого газу – найбільший в світі поглинач диоксиду вуглецю заповнений повністю!

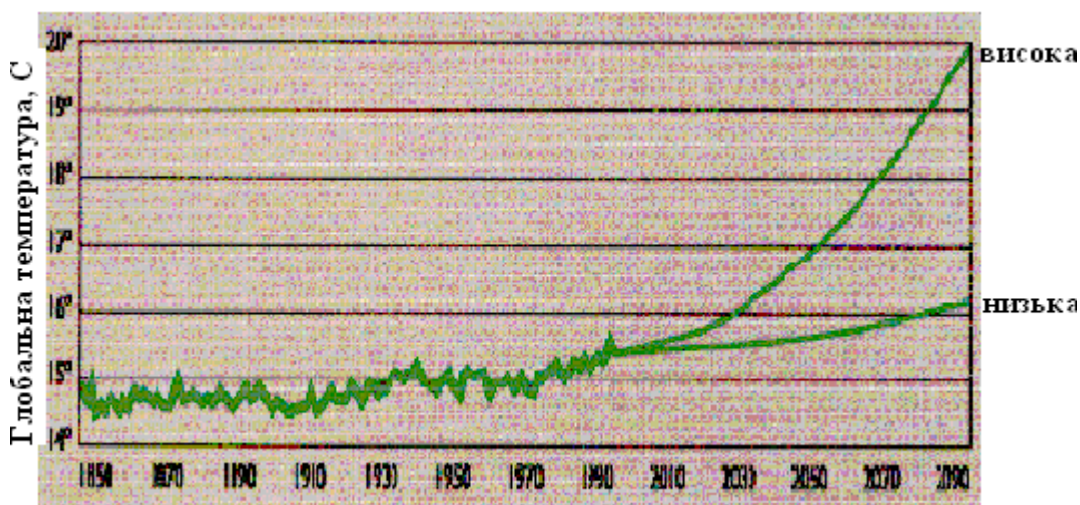


Рис.1.3. Глобальний приріст температури

В 1992 р. на екологічному саміті в Ріо-де-Жанейро 179 держав-учасниць підписали Угоду про скорочення викидів CO_2 до кінця століття хоча б до рівня 1990 р. Але вже у 1995 р. Берлінська конференція з клімату показала, що цей документ був лише добрим наміром. Тоді США разом з Австралією, Канадою та Японією заблокували запропонований Союзом малих острівних держав проект резолюції про зменшення газових викидів промисловими країнами до 2005 р. на 20%. В грудні 1997 р. представники понад 150 країн зібралися в Кіото на переговори про зменшення викидів парникових газів в атмосферу. На долю США припадає 4% населення світу, а вони викидають в атмосферу 22% від загальної кількості CO_2 . В Кіото було прийнято компромісне рішення – до 2012 р. зменшити порівняно з 1990 р. на 5,2% викиди парникових газів в атмосферу. США погодилися з цією вимогою лише за умови запровадження механізму торгівлі квотами. Оскільки всі квоти дозволених викидів були зафіксовані на рівні 1990 р. (викиди в Україні були грандіозні), Україна, зменшивши порівняно з цим періодом обсяги емісії парникових газів на 30%, за рахунок скорочення обсягів виробництва на сьогодні має змогу продавати невикористані квоти. У 1990 р. Україна викидала в атмосферу 680 млн. тонн парникових газів, тому майже 100 млн. тонн невикористаних квот стануть найбільш ходовим товаром (ціна 20-100 USD/т).

Станом на 2005 рік Україна споживала понад 200 млн. тонн умовного палива первинних енергетичних ресурсів. Вугілля споживалось майже 60 млн. тонн умовного палива (при виробництві 56,8), відповідно, – нафти 18 млн. тонн умовного палива (при виробництві 4,3), природного газу – 76,4 млн. тонн умовного палива (при виробництві 20,5). Виробництво електроенергії у обсягах 185,2 млрд. кВтгод перевищує її споживання – 176,9 млрд. кВтгод. Теплова енергія виробляється і споживається у обсязі 241 млн. Гкал. 3 нетрадиційних поновлюваних джерел згідно статистичних даних 2005 року було спожито енергії обсягом 15,2 млн. тонн умовного палива, з них біля 4 млн. тонн – це виробництво енергії на гідроелектростанціях.

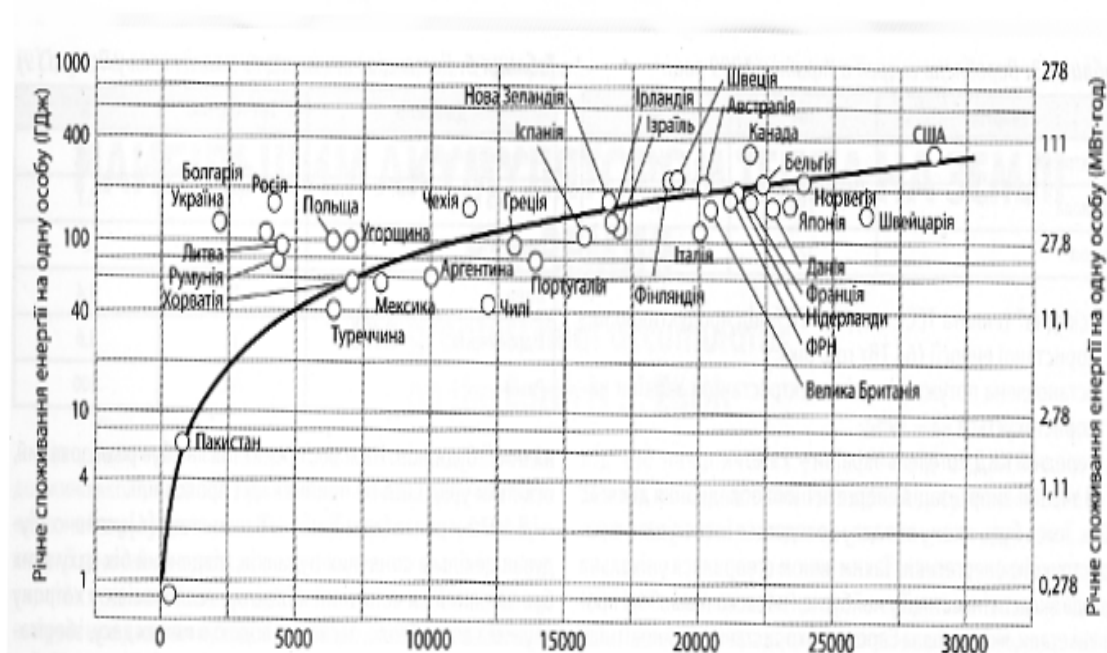
Слід відзначити, що в Україні забруднення довкілля шкідливими викидами у 1990-2006 роках (табл.1.1) зменшувалось не за рахунок впровадження енерго та природоохоронних технологій, а в результаті істотного зниження обсягів виробництва промислової продукції. Водночас, незважаючи на пов'язане з цим скорочення деяких видів забруднення, рівень викидів і токсичних відходів на одиницю ВВП в Україні не знижується, оскільки темпи їх скорочення є нижчими від темпів скорочення виробництв.

Таблиця 1.1

Основні показники забруднення атмосферного повітря в Україні

Основні показники	1 994	1 996	1 998	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006
Шкідливі викиди в атмосферу повітря, тис.т	8 347,4	6 342,3	6 040,8	5 908,6	6 049,5	6 101,5	6 097,5	6 325,5	6 615,6	7 027,6
У розрахунку на 1 км ² території	1 3,8	1 0,5	1 0,0	9 ,8	1 0,0	1 0,1	1 0,1	1 0,5	1 0,9	1 1,6
Токсичні промислові відходи, млн.т	1 02,8	1 35,2	8 4,0	8 1,4	7 7,5	7 7,6	7 9,0	8 1,7	8 2,3	8 4,2

За даними Світового банку та Інституту світових ресурсів, на створення продукту бруто, що припадає на одну особу, різні країни світу витрачають різну кількість енергії. Ця залежність (рис.1.4) охоплює країни з різними рівнями технологій. Слаборозвинуті країни, де переважає ручна праця, споживають мало енергоносіїв. Країни з високорозвинутою економікою споживають від 2 до 4 кВтгод на виготовлення продукту собівартістю в один долар США. Третю групу складають посткомуністичні держави, в яких цей показник сягає понад 10 кВтгод, що свідчить про архаїчність наявних технологій. При цьому Україна (16,7 кВтгод/1 долар США) посідає перше місце за енергоємністю продукту бруто. В Україні національний продукт бруто на одну особу складає 2400 доларів США, при такому річному споживанні енергії на одну особу (35-40 МВтгод) в розвинутих країнах ЄС національний продукт на одну особу перевищує в 8-10 разів. У світі ці показники досягнуті за рахунок прогресивного розуміння можливостей екологічно чистого енергозабезпечення та широкого впровадження нової техніки.



Національний продукт бруто на одну особу (в доларах США)

Рис.1.4. Національний продукт бруто на одну особу

В Україні амортизація енергетичного обладнання досягає 90%. Вже через 10 років на більшості атомних електростанцій доведеться проводити заміну ядерних реакторів. В той же час, технічно доступний потенціал альтернативних джерел енергії в Україні в сумі 330...340 ТВтгод/рік створює можливість економічної та політичної незалежності від експортерів мінеральних видів палива та привабливі умови для інвесторів.

На рис.1.5 показана структура споживання первинних ресурсів в Україні до 2030-го року. Частка газу, яка сьогодні складає 44%, буде скорочуватися до 19%. Передбачено зростання споживання вугілля з 22% до 33%, а споживання частки ядерної енергії – з 14 до 22%. Слід також зазначити, що різко зросте споживання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії від 15,5 млн. т. умовного палива до 46,5 млн. т. і в відносному плані споживання зростає майже з 8% до 15% в загальній структурі споживання.

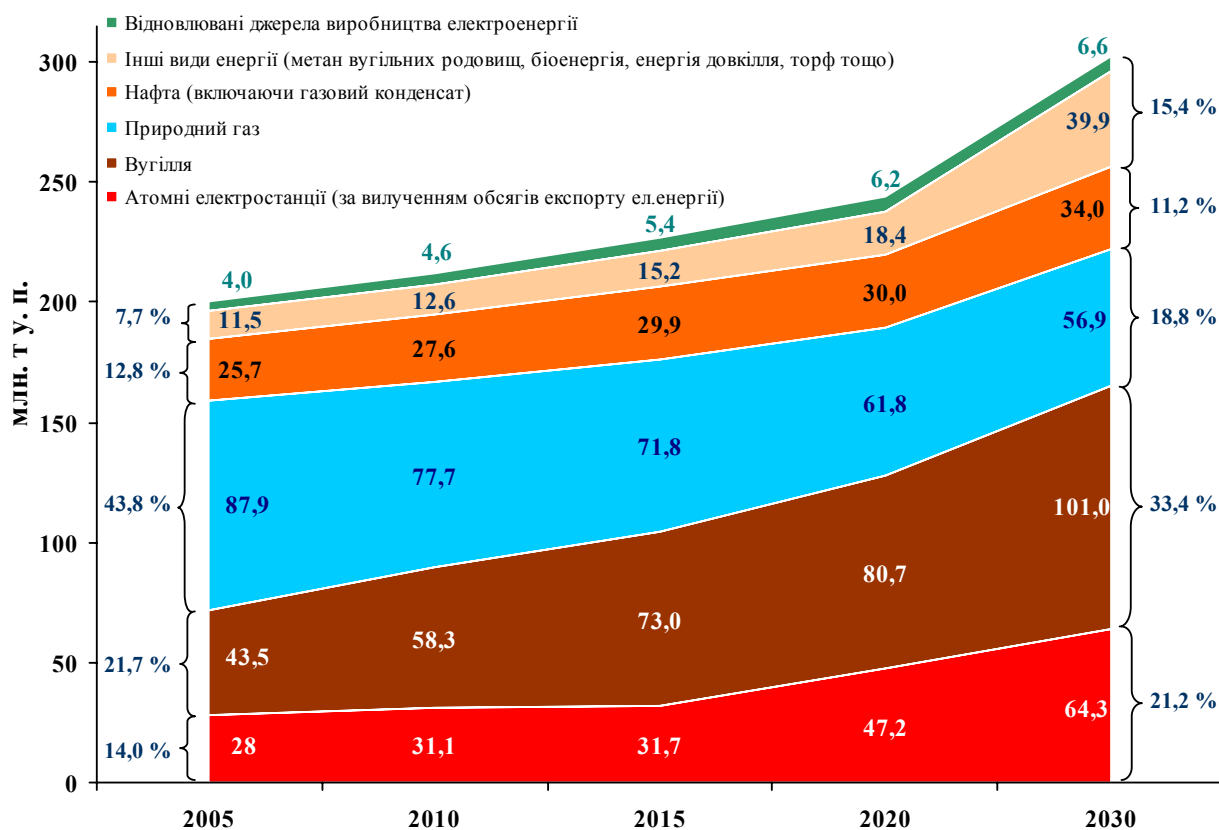


Рис.1.5. Прогноз споживання первинних енергоресурсів в Україні до 2030 року

За статистикою споживання енергетичних ресурсів можна поділити на три великі групи: промисловість (до 28%), транспорт (до 32%) та житловий сектор (понад 40%). При цьому загальна кількість енергії зростає щороку внаслідок як розвитку промисловості та транспорту, а також щораз більшої кількості будинків. Так, в країнах ЄС споживання енергії в будинках досягає навіть 46-47%, причому близько 2/3 енергії призначено на обігрівання та охолодження.

Таким чином, житлово-комунальний сектор – це найбільший споживач енергії, який разом з тим емітує найбільшу кількість диоксиду вуглецю. Обмеження надмірного споживання енергії заощаджує кошти, зберігає невідновлювальні джерела, а також створює нові місця праці. Якщо б після ремонтів будинки були модернізовані відповідно до теперішніх стандартів енергетичної ефективності, тільки в Європі можна було б кожного року обмежити емісію CO₂ близько понад 400 мільйонів тонн. При цьому, на відміну від промисловості та транспорту, в житловому секторі за рахунок впровадження сучасних технологій можна зменшити споживання енергії навіть до 90%. Стимування марнотратства енергії – це одночасно і дешево, і корисно для забезпечення сталого розвитку. Згідно даних Європейської Комісії, продукція додаткового кіловату енергії невдовзі буде коштувати 50-400% більше, ніж його заощадження. На основі цього можна зробити висновок, що енергетична ефективність – **шостий вид палива** – є найбільшим джерелом енергії (рис.1.6),

навіть більшим, ніж нафта та інші. Ефективне використання енергії – це гігантське джерело економії коштів, яке ще, в значній мірі, ігнорується в світі. Інвестиції в підвищення енергоефективності будинків у одній тільки Європі можуть дати економію понад 270 млрд. євро та скоротити викиди вуглекислого газу на 400 млн. тонн за рік.

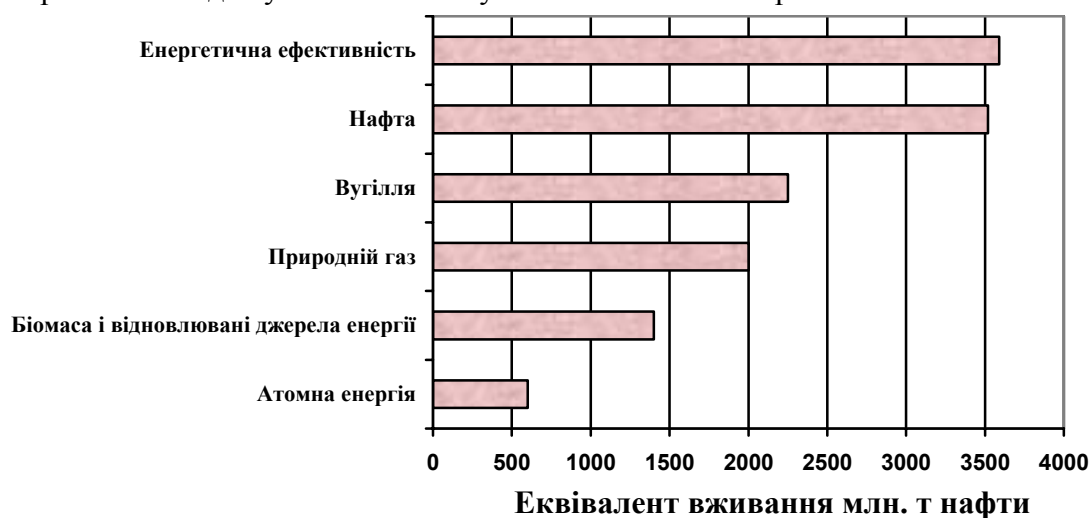


Рис.1.6. Вклад різних джерел у світовому енергетичному балансі

Житлово-цивільне будівництво в Україні за останні роки має позитивну тенденцію розвитку. Так, в 2001, 2002, 2003 роках темпи його приросту склали відповідно 3,5; 5,8; 26,5%. За 2007 рік приріст у будівництві склав 28%. Будівництво входить в п'ятірку найбільш важливих галузей економіки України. При цьому, Галицький регіон, де перетинаються матеріальні, транспортні та соціальні потоки, є надзвичайно важливим. У будівельній галузі, яка є однією з найважливіших, найпотужніших і найперспективніших галузей економіки Львівської області, починаючи з 2000 року, спостерігається тенденція стабільного росту основних економічних показників. Разом з тим, виходячи із завдань тільки соціальної сфери, будівельникам необхідно в найближчі роки збільшувати обсяги будівництва в 2-3 рази.

Основними напрямками підвищення ефективності використання ПЕР і реалізації потенціалу енергозбереження в будівництві є:

- впровадження нових і вдосконалення існуючих технологій у виробництві енергоємних будівельних матеріалів, виробів і конструкцій;
- розробка і впровадження енергоефективних технологій виробництва будівельно-монтажних робіт;
- автоматизація технологічних процесів, впровадження регульованих електроприводів;
- збільшення термічного опору огорожуючих конструкцій житлового фонду;
- впровадження енергоефективних систем освітлення житлових і громадських будівель;
- підвищення ефективності роботи котельень;
- встановлення в котельнях турбогенераторів малої потужності;
- оснащення приладами обліку і регулювання витрати основних енергоносіїв;
- використання відходів деревообробки і місцевих видів палива, утилізація вторинних енергоресурсів.

Тепер енергетична ефективність будівництва щораз більше визначається ще й коштами експлуатації. Так, в 70-80-х роках ХХ століття за опалювальний сезон питома витрата енергії на обігрівання 1 м² житла для будинків, побудованих раніше, складала 280 кВтгод/м² в Англії, 360 кВтгод/м² в Німеччині, 400 кВтгод/м² в Польщі. В 90-х роках ХХ століття в Західній Європі цей показник сягав 120 кВтгод/м², а згідно сучасних вимог – знизився до значень від 40 до 60 кВтгод/м². В той же час, в Україні питома витрата теплової енергії на 1 м² житла становить для будинків, зведених у радянський період, багатоквартирних цегляних

– 400 кВтгод/м², багатоквартирних панельних – 600 кВтгод/м², індивідуальних – навіть до 700 кВтгод/м².

Для раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів та підвищення енергозбереження житлово-комунального сектора України, необхідне відповідне економічне обґрунтування та розробка сучасної науково-нормативної бази проектування енергоефективних будинків та термомодернізації існуючого житлового фонду.

Охорона навколишнього середовища можлива не лише за рахунок заміни традиційних джерел енергії (вугілля, нафти і газу) альтернативними видами палива. Значно дешевшим і більш ефективним способом є економія енергії наступними методами:

- модифікувати існуючі енергетичні системи як в процесі виробництва енергії, так і її транспортування;
- впроваджувати нові енергоощадні технології в промисловості, будівництві, сільському господарстві та побуті;
- заохочення енергоощадності економічними стимулами.

На підставі німецьких досліджень можна переконатися, скільки потрібно спалити мазуту або газу, щоб обігріти будинки з різним ступенем утеплення стін і яким чином кількість спаленого палива впливає на емісію CO₂ (рис.1.7). Таким чином, чим менше споживається енергії на обігрівання будинків, тим менше виділяється CO₂ в атмосферу.

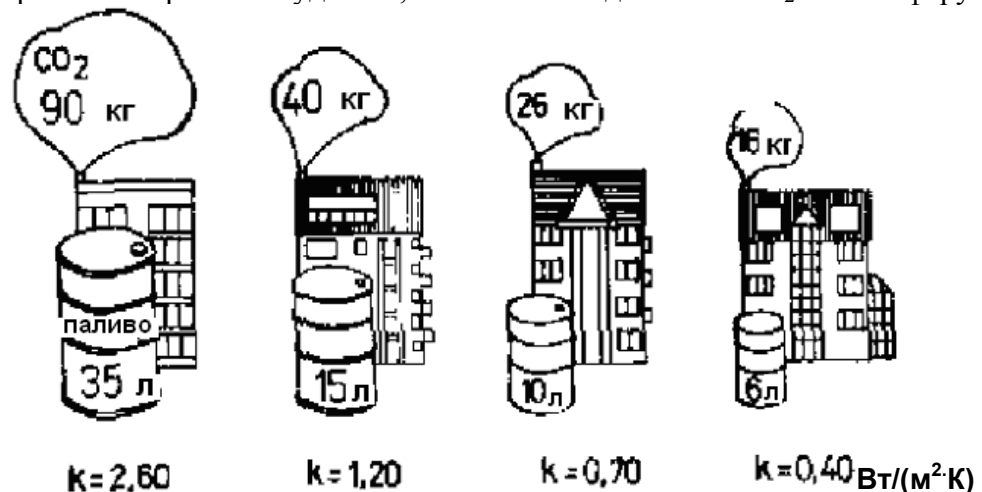


Рис.1.7. Забруднення атмосфери CO₂ залежно від кількості витраченого протягом року мазуту, потрібного на нагрівання 1 м² поверхні для будинків з різною ізоляцією стін (k – коефіцієнт теплопередачі)

Економія не повинна обмежуватися енергією, а включати матеріали, сировину, воду та інше не тільки в промисловості, але й в індивідуальних господарствах. Слід відмітити наступні напрямки економії енергії: раціональне споживання енергії; використання енергії горючих відходів; термореновація будинків; впровадження нових ізоляційних матеріалів і ущільнень в будівництві, енергетиці та промисловості; зменшення потужності локальних теплостанцій шляхом застосування збірників тепла; визначення впливу вільної конвекції на втрати тепла від поверхні плоских дахів і стін, сферичних частин інсталяції, складених та ін.

На прикладі аналізу тенденції світового розвитку такого основного будівельного матеріалу як бетон можна прослідкувати, що виробництво та споживання цього універсального композиційного матеріалу щорічно зростає, що продиктовано соціальними, економічними, демографічними чинниками. Так, середнє світове споживання портландцементу в кількості 300 кг/чол. рік (1м³ бетону) визначає мінімальний показник «комфорту цивілізації» (у високорозвинутих країнах цей показник становить понад 500 кг/чол. рік). На основі аналізу зростання світового виробництва цементу та бетону (відповідно понад 2,0-млрд т цементу та 5-млрд м³ бетону), що супроводжується споживанням природної сировини (близько 20·10⁹ т заповнювачів, 8·10¹¹ м³ води), а також енергії (500 млрд. МДж), витікає доцільність все більш раціонального використання

матеріальних і енергетичних ресурсів. Виходячи з стратегії сталого розвитку світового виробництва (Самміт 179 держав світу, Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), будівництво (в т.ч. цементна промисловість) включено в програму, що передбачає п'ять основних принципів:

- зниження витрат енергії та сировинних матеріалів;
- підвищення довговічності виробів і термінів експлуатації споруд;
- утилізація вторинних матеріалів та будівельних елементів;
- позбавлене ризику повернення матеріалів у навколишнє середовище;
- всеохоплююча охорона довкілля та прикладання всіх можливостей для заощадження територій у процесі будівництва.

У 2005 році вступив в силу Кіотський протокол. Він передбачає скорочення викидів CO₂ в атмосферу на 5% до 2012 року в порівнянні з рівнем 1990 року. Міністри екології країн ЄС рекомендують вимагати від індустріально розвинутих країн скорочення викидів CO₂ на 60-80% до 2050 року, при умові, що середньорічна температура на планеті збільшиться «всього» на 2°C. Міжнародна енергетична агенція підкреслює той факт, що скорочення викидів CO₂ дозволить скоротити витрати енергії та зростаючий тиск на ціни на енергоносії.

На світовому рівні, за оцінкою Міжурядової комісії ООН з питань зміни клімату, підвищення ефективності використання енергії в будинках житлового та промислового фондів могло б скоротити викиди CO₂ більше, ніж на мільярд тонн за рік.

Покращення внутрішнього клімату та якості життя, ефективне використання енергії в спорудах повинно стати пріоритетним напрямом і більш популярним засобом скорочення викидів CO₂, ніж відмова від користування власним автомобілем.

В роботах Р.Ульбріхта та Медоуса представлено довготривалий прогноз виробничого розвитку на Землі, який вказує на дуже тісний зв'язок між демографічною ситуацією, динамікою її змін, споживанням енергії, запасами сировини та можливостями промислового розвитку і забрудненням середовища протягом 100-200 років. Як видно з рис.1.8, ще 100 років тому населення Землі не перевищувало 2 мільярди, а за 30 років воно може коливатися від 8 до 12 мільярдів людей, що вимагатиме значного зростання виробництва енергії, а це, в свою чергу, визначає суттєве (70-80%) забруднення навколишнього середовища. Тому діяльність в напрямку енергозбереження має також сильний проєкологічний аспект.

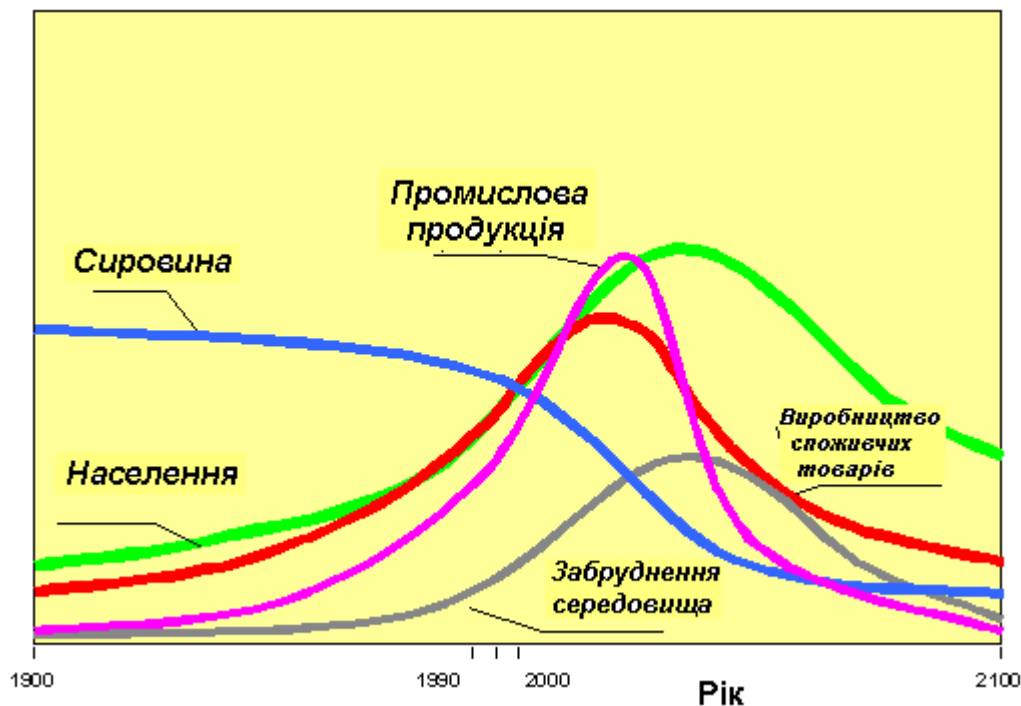


Рис.1.8. Границя зростання світового виробництва як результат взаємного впливу таких чинників як населення, забруднення середовища, споживання сировини та промислової продукції згідно моделі Медоуса (Meadows)

З метою зниження рівня енергоспоживання будинків і наближення норм енергоспоживання України до норм високорозвинених країн Західної Європи Міністерство України у справах будівництва і архітектури, як перші кроки, розробило і прийняло такі нормативні документи:

- «Контрольні показники питомих витрат теплоти на опалення житлових будинків і блок секцій» та «Контрольні показники річних витрат тепла на опалення житлових будинків і блок секцій». Наказ № 253 від 30 грудня 1993 р. (Додаток 6);
- «Контрольні показники питомих витрат теплоти на опалення громадських споруд». Наказ №105 від 29 грудня 1994 р. (додаток 6);
- «Нормативи опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій житлових і цивільних будинків при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті» Наказ №247 від 27 грудня 1993 р. (додаток 4).

Вказані вище нормативні документи впроваджуються в будівництво дуже повільно у зв'язку з відсутністю коштів та відсутністю механізму контролю за їхнім впровадженням.

Однак, Україна лише на 43% може забезпечити потребу в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. В той же час промисловість України щорічно невиробничо витрачає біля 3 млрд. кВтгод електричної та 6 млн. Гкал теплової енергії.

Здійснення державної політики України з питань економії ПЕР підтверджується прийняттям закону України «Про енергозбереження», яким встановлені правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань і організацій, розташованих на території України, а також для всіх громадян.

Згідно з Законом, основні принципи державної політики енергозбереження наступні:

- створення економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних і фізичних осіб;
- здійснення державного регулювання діяльності в сфері енергозбереження на основі застосування економічних, нормативно-технічних способів управління;
- наукове обґрунтування стандартизації і нормування використання ПЕР;
- дотримання енергетичних стандартів і нормативів при використанні палива і енергії;
- популяризація економічних, екологічних і соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського пізнавального рівня в цій сфері;
- вирішення проблем енергозбереження сумісно з реалізацією енергетичної проблеми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва.

Поряд з загальними положеннями про державне регулювання енергозбереження в Україні, в Закон ввійшли такі розділи:

- економічний механізм енергозбереження;
- стандартизація і нормування в сфері енергозбереження;
- експертиза з енергозбереження;
- контроль в сфері енергозбереження і відповідальність за порушення даного Закону.

Для розробки механізму реалізації цього Закону, в Україні створений Державний комітет з енергозбереження.

Верховною Радою розроблена і затверджена Комплексна державна програма енергозбереження України на період до 2010 року. Згідно даної програми, ідея енергозбереження полягає в тому, щоб зменшити затрати ПЕР шляхом:

- проведення жорсткого режиму економії в житлово-комунальному секторі та інших галузях народного господарства;
- широкого використання енергозберігаючих машин і технологій;
- проведення структурної перебудови економіки і раціонального ціноутворення на енергоносії.

Передбачається також ріст виробництва власних енергоносіїв внаслідок:

- збільшення власного добування вискоелективних ПЕР (нафта, газ, вугілля);
- розвиток нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії;
- збереження діючих потужностей атомних електростанцій і введення в дію нових;
- створення ядерного паливного циклу.

В сфері матеріального виробництва закладено зниження питомих витрат палива і енергії на одиницю продукції, зменшення частки енергоємних галузей виробництва і збільшення наукомістких, малоресурсних видів продукції.

З метою забезпечення раціонального і ефективного використання природного газу Кабінет Міністрів України постановою від 2.09.1993 створив при Держкомнафтогазі Державну інспекцію з ефективного використання газу (Держгазінспекція), основним завданням якої є здійснення контролю за раціональним і ефективним використанням газу як палива і сировини на підприємствах.

Контроль за раціональним використанням електричної і теплової енергії у споживачів, незалежно від їхнього відомчого підпорядкування і форм власності здійснюється органами Державного енергетичного нагляду України. В систему органів Державного енергетичного нагляду входить:

- Головна державна інспекція України з енергетичного нагляду;
- Структурні підрозділи державного енергетичного нагляду, які знаходяться в енергозберігаючих організаціях Міністерства енергетики і електрифікації України (виробничі електричні об'єднання; підприємства електричних мереж, райони електричних мереж).

Основні завдання органів Державного енергетичного нагляду України:

- контроль за дотриманням споживачами лімітів і режимів споживання електричної і теплової енергії;
- контроль за технічним станом електричних і тепловикористовуючих установок;
- контроль за дотриманням вимог державного стандарту до якості електричної і теплової енергії;
- контроль за виконанням заходів з енергозбереження;
- контроль за наявністю і правильністю обліку електричної і теплової енергії.

В структурі Міністерства енергетики і електрифікації України наказом від 13.04.94 створений Національний Центр Енергозбереження України, головна мета якого – комплексне управління і координування діяльності у сфері збереження енергоресурсів, проведення єдиної інноваційної і науково-технічної політики галузі в цьому напрямку.

Під егідою Держкоменергозбереження і Енергетичного центру Європейського Союзу виконано декілька проектів за програмою TACIS в частині економії енергії. Створена і почала діяти Українська інвестиційна енергозберігаюча кампанія УкрЕСКО, яка кредитує ряд проектів із зниження витрат енергії, в тому числі і для опалення споруд.

В галузі капітального будівництва питання енергозбереження покладені на Державний комітет містобудування. Основні напрямки політики енергозбереження в будівництві:

- перехід масового будівництва на випуск і застосування теплоефективних огорожуючих конструкцій і матеріалів;
- впровадження енергозберігаючих систем інженерного обладнання, що базуються на регулюванні теплоспоживання і врахуванні витрати енергоресурсів з забезпеченням необхідної нормативно-методичної бази і проектних рішень;
- зниження ресурсоемності виробництва;
- впровадження жорстких заходів з економії енергоресурсів;
- повніше використання власних паливно-енергетичних ресурсів.

В рамках реалізації даної програми Держкоммістобудування виконав наступні заходи:

- в жовтні 1993 р. прийнято рішення, яке визначає комплекс енергозберігаючих заходів в будівництві;
- в грудні 1993 р. затверджені в введені в дію з 1.01.94 нові значення нормативного опору теплопередачі огорожуючих конструкцій, які перевищували раніше діючі в 2,5-3 рази, що забезпечує підвищення теплозахисних властивостей огорожень до 30%;
- затверджені для використання, починаючи з 1.01.94, нові контрольні показники питомих витрат тепла житлових будинків і річних затрат тепла на опалення житлових будинків.

Практично завершена розробка «Державної науково-технічної програми в житловому і громадському будівництві», яка визначає пріоритетні напрямки енергозбереження, що забезпечує:

- швидку окупність вкладених інвестицій;
- значне скорочення витрати палива на опалення;
- подальше підвищення теплозахисних якостей огорожуючих конструкцій будівель і споруд;
- впровадження приладів регулювання і обліку споживання тепла, гарячої води і газу;
- комплексна модернізація в напрямку енергозбереження загальнорозповсюджених технічних і схемних рішень систем теплопостачання;
- використання нетрадиційних (відновлюваних) джерел енергії.

Таким чином, в умовах загострення світової енергетичної та екологічної кризи, підвищення енергетичної ефективності як будівництва та житлово-комунального сектору, так і промисловості – це величезний потенціал підсилення народного господарства України, а також можливість зростання робочих місць та мінімізація негативних наслідків впливу енергетики на навколишнє середовище. На прикладі 25 країн ЄС видно, що їх спільними зусиллями в напрямку зменшення споживання енергії в будинках до 2010 року можна досягнути економії біля 8 млрд. євро на рік, а до 2015 року ця квота зросте до 14,5 млрд. євро.

Зменшення споживання енергії в будинках – це також значна користь для навколишнього середовища, за рахунок зниження емісії вуглекислого газу. Технічний потенціал будинків на території ЄС визначає зниження емісії CO₂ на 460 млн. тонн на рік, що складає більше, ніж зобов'язання ЄС в рамках Кіотського протоколу. Роботи, спрямовані на покращення енергетичної ефективності будинків, можуть забезпечити створення близько 530 тис. робочих місць для 25 країн ЄС.

РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ СЕКТОРІ

Протягом останніх років питання реалізації політики енергозбереження і підвищення енергоефективності в Україні набули особливої актуальності і безпосередньо пов'язані з енергобезпекою країни. Поняття «енергозбереження» і «енергоефективність» дуже взаємозв'язані. Дійсно, саме по собі «енергозбереження» в дослівному розумінні цього слова не є самоціллю. Ніхто зараз не ставить завдання зберегти енергію за всяку ціну, адже можна було б її тоді зовсім не витрачати, а закрити все, погасити світло і зупинити всю технологію або понизити потребу в енергії до мінімуму. Це було б рівнозначно заклику до припинення розвитку людства. А крім того, якщо розглядати енергію з філософської точки зору, то енергія – «...загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Енергія не виникає з нічого і не зникає, вона може тільки переходити з однієї форми в іншу...». Тобто, енергія підкоряється закону збереження, а, отже, її не можна зберегти. Проте, поняття «енергозбереження» широко використовується в світовій практиці – «Energy Saving», «Energy Conservation» (англ.), «Energieeinsparen» (нім.), але в це поняття вкладається більш загальний сенс. Наприклад, зниження питомої витрати твердого палива на одиницю виробленої 1 кВт/год в узагальненому вигляді приводить до «збереження» палива в надрах землі, яке буде витрачено для цієї ж мети, але в більш довгостроковій перспективі, тим самим показується збереження цього енергоресурсу на певний період часу. Саме в такому розумінні і використовується термін «енергозбереження».

Проблемі енергозбереження в житлових і цивільних спорудах та на промислових об'єктах у колишньому СРСР не приділялось належної уваги. Наслідком цього є недопустима енергоємність національної промислової продукції, що й зумовлює її низьку конкурентоздатність на світовому ринку. На рис.2.1 наведені дані з енергоємності продукції в різних країнах. Як видно Україна істотно поступається багатьом країнам. При цьому затрати енергії в нашій країні перевищують не лише аналогічні затрати в країнах, які є традиційно передовими в галузі енергозбереження, але й в країнах, де раніше особливих успіхів у цій галузі не було.

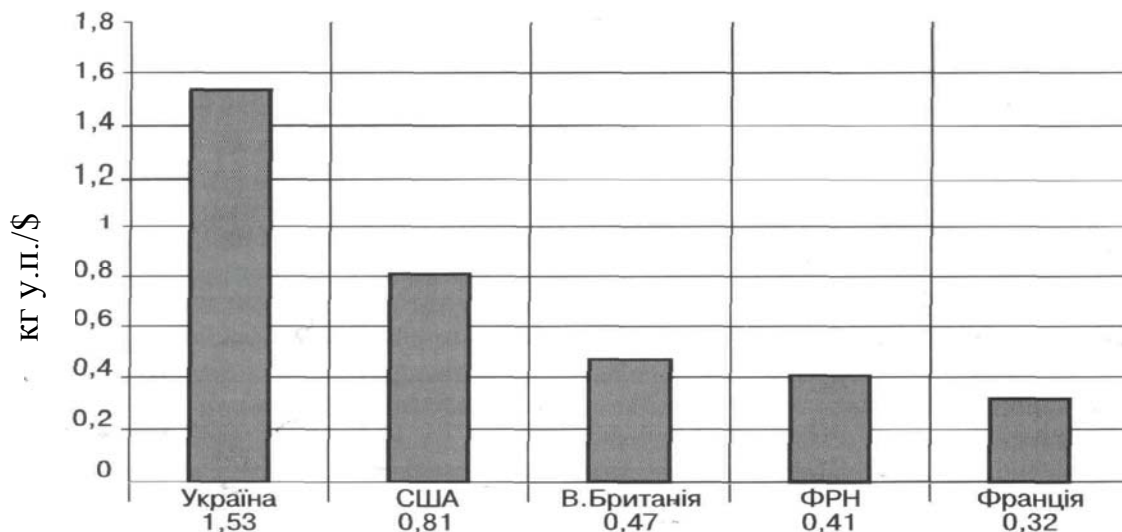


Рис.2.1. Енергоємність національного прибутку

Зниження обсягів виробництва обумовлює подальше зростання питомої енергоємності продукції в зв'язку з необхідністю утримання виробничих потужностей, будівель і споруд. Тому наведені вище дані на сьогодні мають ще більш негативний для нашої країни вигляд.

Більшість українських підприємств володіє великим потенціалом економії енергії. На системах стисненого повітря, холодильних установках, системах освітлення, потенціал економії складає 30-50% від рівня споживання електроенергії. Внаслідок втрат газу через трубопровід втрачається 500 000 м³ газу в рік на одне підприємство. Врахування втрат тепла з котлів, бойлерів, печей, а також неізольованих розігрітих трубопроводів, вентилів і фланців

забезпечило б економію 1 млн. м³ газу на рік на одне підприємство. Ефективність згорання палива в пальниках бойлерів і різного роду технологічних печах досить низька. Тільки регулювання якості згорання палива може дати до 10% економії від сумарного споживання палива. Це приблизно 1,5 млн. м³ природного газу в рік для середнього підприємства. На багатьох підприємствах біля 50% загальної спожитої енергії іде на виробничі потреби. Все решта втрачається. Якщо порівняти питомих споживання енергії на одиницю виготовленої продукції, то виявиться, що в Україні воно в 3-4 рази вище, ніж на подібних підприємствах в Західній Європі. Наприклад, в Данії споживання енергії на одиницю продукції в скляній промисловості – 1,3 кВт/год на кг продукції, в той час як в Україні - 3,8 кВт год. на кг.

В колишньому СРСР проводилась дотація паливно-енергетичного комплексу, що відбувалось за рахунок прибутку інших галузей, ціни на енергоносії були штучно занижені і економіка України навіть при значному імпорті первинного палива, високої енергоемності продукції функціонувала стабільно.

Енергоекономічні показники України порівняно з показниками інших країн є негативні. Так, виробництво електроенергії в розрахунку на душу населення знаходиться на рівні європейських країн, таких як Франція, Великобританія (відповідно 5,2 тис. кВт; 5,8; 5,7), однак доля витрати її в промисловості складає 60%, в той час як у Франції ця величина складає 40%, у Великобританії – 35,8%. Споживання енергії на душу населення в кг нафтового еквіваленту в 1990 р. складало 4600 кг н.е. і є співрозмірне з середньоєвропейськими показниками. Однак в той же час валовий внутрішній продукт України був в 8-10 менше середньоєвропейського, а енергоемність ВВП відповідно в 8-10 разів вища.

Таким чином, на початку процесу росту цін з орієнтацією на світовий рівень в колишніх республіках СНД ціни на енергоносії зростали значно швидше, ніж на інші види продукції. Це прискорило інфляційні процеси в Україні і призвело до того, що виручка за готову продукцію часом не перекриває затрат на енергоресурси. При цьому затрати енергії в нашій країні перевищують не тільки аналогічні затрати в країнах, які є традиційно передовими в галузі енергозбереження, але й в країнах, де раніше особливих успіхів у цій галузі не було.

На рис.2.2 наведено енергоспоживання основних секторів економіки України. Житлово-комунальне господарство України є одним з найбільш енергоемних секторів національної економіки. Ефективність можливих енергозберігаючих заходів у комунально-побутовому господарстві в державному масштабі перевищує можливу економію таких традиційно енергоемних галузях як металургія, хімічна промисловість та ін.

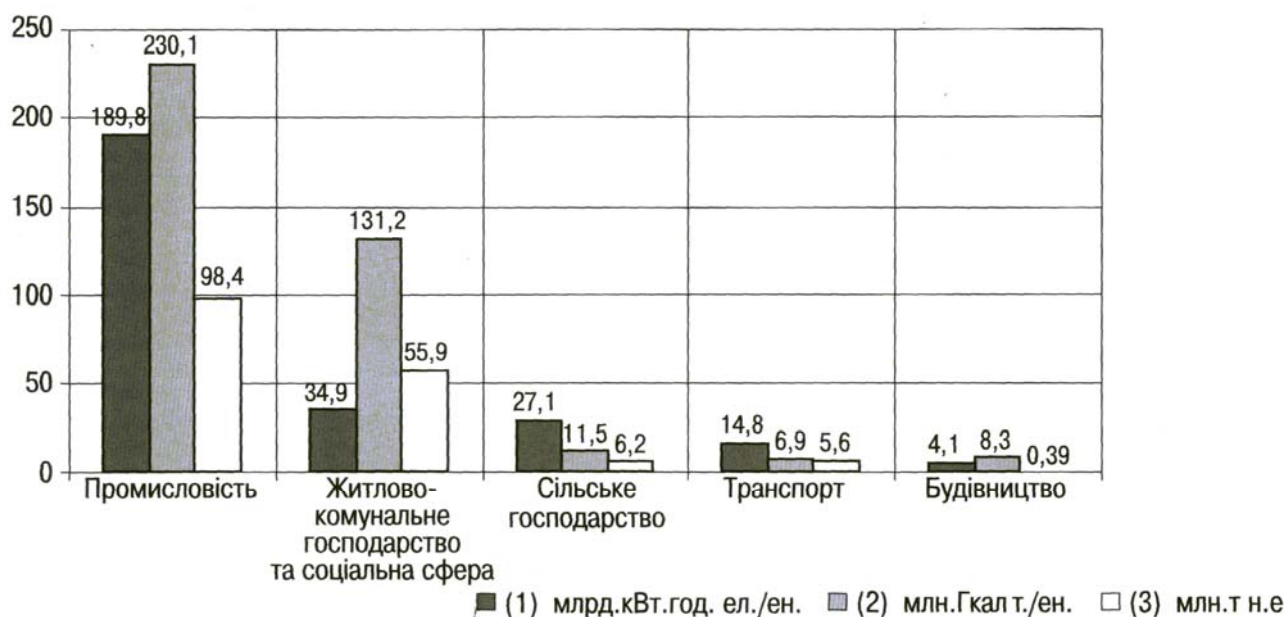


Рис.2.2. Енергоспоживання основних секторів економіки України

Проблема комплексного вирішення реконструкції будівель і споруд включає в себе наступні важливі питання:

- актуалізація законодавчої та нормативно-методичної бази у сфері реконструкції та реставрації існуючих об'єктів, а також розробка механізмів щодо економічного заохочення інвесторів у цій справі;
- реконструкція житлових будинків як перших масових серій, так і тих, що не відповідають вимогам сьогодення з точки зору теплотехніки та акустики;
- реставрація пам'яток історії та архітектури;
- розширення, реконструкція, перевтілення і технічне переоснащення діючих промислових підприємств, об'єктів енергетики;
- удосконалення планувальних рішень щодо існуючих промислових угруповань.

У житловому фонді країни, який налічує близько 10,4 млн. будинків загальною площею 1 млрд. кв. м, значна частина з них не відповідає переліченим вище характеристикам. Майже 5 тис. будинків перебувають у аварійному стані, 36 тис. будинків віднесено до категорії старих, кожний третій будинок наявного житлового фонду потребує проведення капітального або поточного ремонту.

Приблизно четверта частина палива, що спалюється в Україні, витрачається для теплопостачання житлових будинків і громадських будівель. Разом з тим, ми залежимо від поставок природного палива, ціна якого стрімко росте. Залежність від імпорту енергії росте в багатьох великих країнах: в США, Китаї, Індії, Японії. У ЄС імпортується до 70% енергії. В той же час, 74% німецьких респондентів не уявляло, що обігрівання поглинає найбільшу частину енергії (рис.2. 3), майже 30% не знали навіть своїх щомісячних витрат на опалення. Зекономлена енергія, яка також має назву «негаджоулі», стає більш надійним «джерелом» енергії, ніж нафта.

ДЕ СПОЖИВАЄТЬСЯ НАЙБІЛЬШЕ ЕНЕРГІЇ?

Що думають люди?

В дійсності:

опалення є найбільшим споживачем енергії

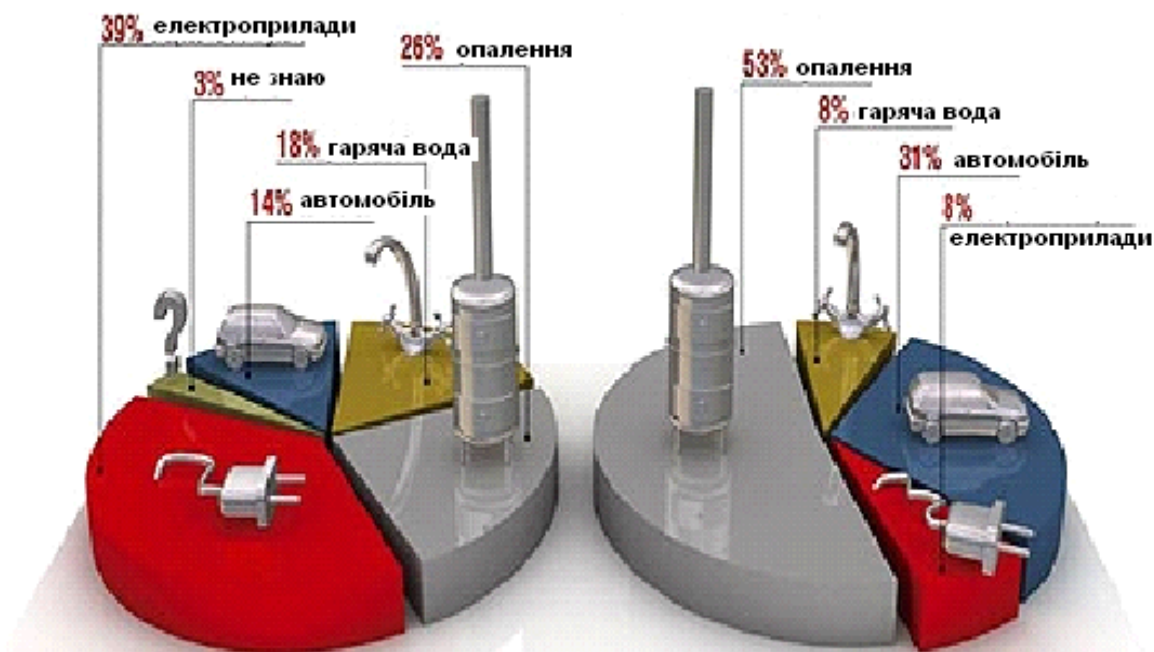


Рис.2.3. Структура споживання енергії

Характерно, що в Україні більше всього тепла витрачається на опалювання і на гаряче водопостачання (рис.2.4). Будівлі, побудовані в той час, коли паливні ресурси здавалися безмежними, сьогодні вимагають так багато енергії, що їх експлуатація лягає важким тягарем на паливно-енергетичний комплекс, а будівництво нових будівель ще більш посилює

проблему. Разом з тим, досвід розвинених країн доводить, що на нинішньому рівні розвитку техніки, витрата тепла в будівлях може бути зменшена більше, ніж на третину, і цим визначаються значні резерви енергозбереження. Реалізувати ці **резерви** повною мірою можна, якщо вести роботу за **двома основними напрямками**:

- утеплення огорожуючих конструкцій будівель;
- модернізація систем теплопостачання.

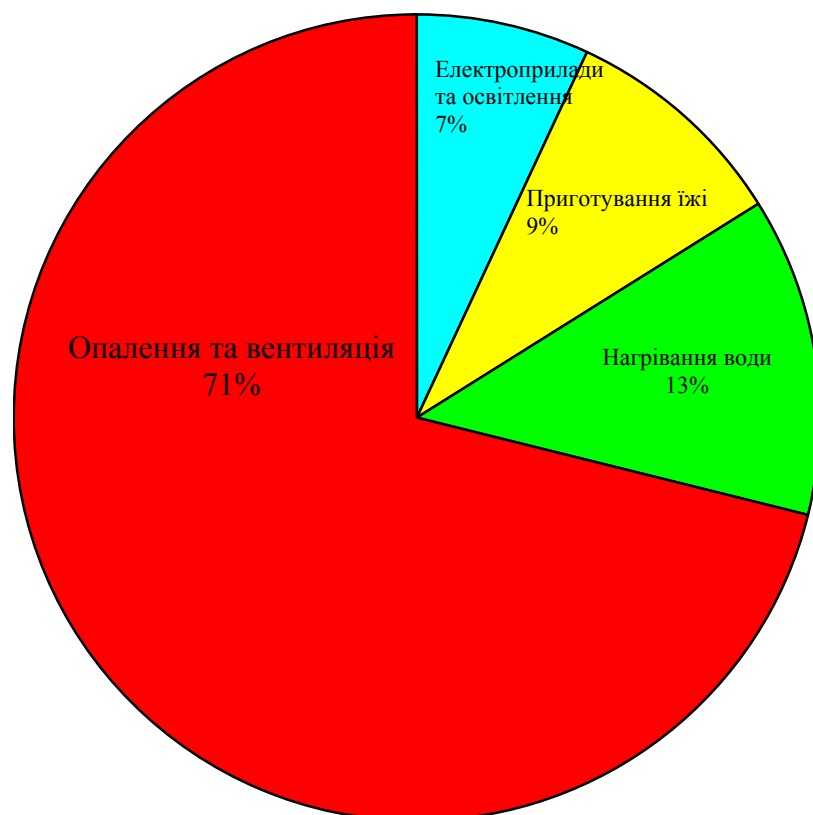


Рис.2.4. Приблизна структура споживання енергії в житлових будинках

Поняття «енергоощадність» і «енергоощадний будинок» в Україні ще недостатньо вживані. З енергоощадністю, перш за все, пов'язані втрати енергії (тепла) як через зовнішні захисні конструкції будинків – стіни, вікна, двері, підлоги, так і постачання енергії в приміщення (системи опалювання), замість втраченого через захисні конструкції для підтримання сталого теплового режиму в приміщеннях.

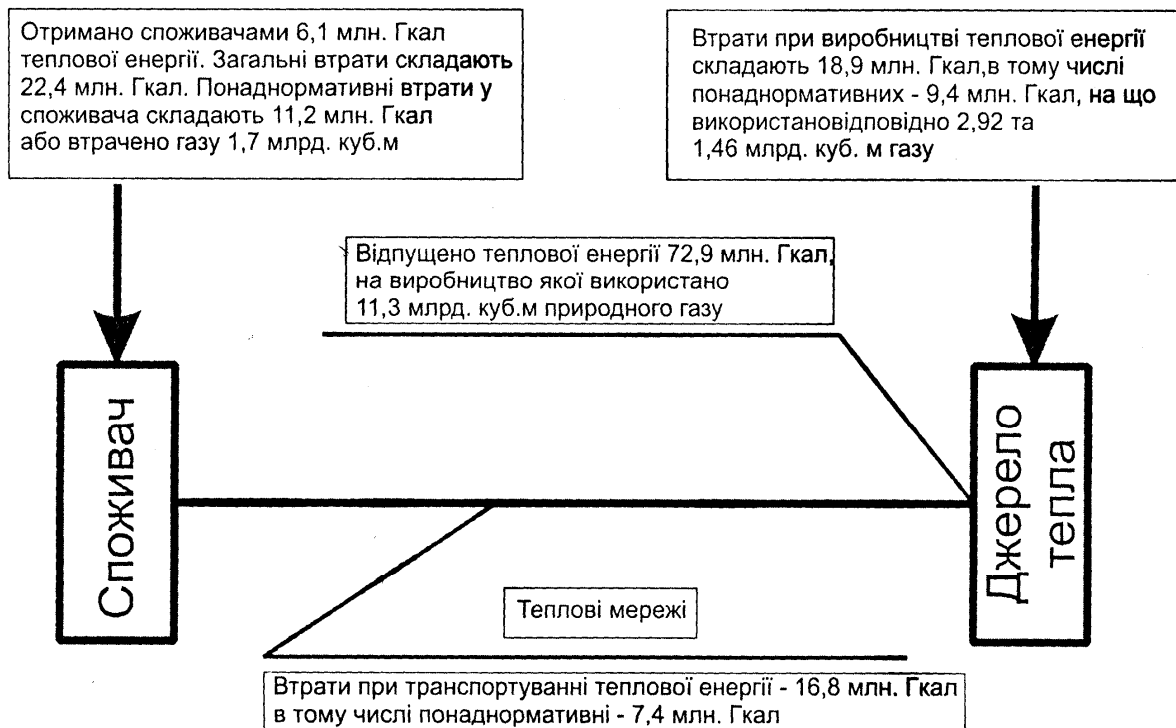
Щоб заощаджувати більше тепла – треба розумно розраховувати і конструювати огорожуючі конструкції. Хоча у «Будівельних нормах і правилах» (СНиП) П-3-79** «Строительная теплотехника» були закладені вимоги щодо проведення енергоощадного розрахунку зовнішніх захисних конструкцій при виготовленні проектної документації, насправді ця вимога не виконувалась. Однією з причин цього були низькі ціни на паливо, внаслідок чого окупність капітальних затрат розтягувалась на багато років і втрачала свій сенс. В основу розрахунку зовнішніх захисних конструкцій будинків були закладені лише санітарно-гігієнічні вимоги, і, як результат, – для всіх побудованих у колишній радянській Україні будинків, характерний великий рівень енергоспоживання і, відповідно, великі експлуатаційні витрати. Сьогодні ці будинки вимагають реконструкції, а отже збільшення термічного опору зовнішніх захисних конструкцій, тобто істотного зниження рівня теплоспоживання.



Рис.2.5. Частка різних споживачів теплової енергії в будівельному секторі України

Найбільша кількість енергії витрачається на експлуатацію існуючих будинків (рис.2.5). Зниження обсягу виробництва будматеріалів, конструкцій та нового будівництва, а також фізичне старіння будинків з кожним роком підвищують відносну частку експлуатаційних витрат.

На рис.2.6. представлений аналіз втрат теплової енергії (за результатами теплопостачання населення і бюджетної сфери).



Загальні втрати при виробництві, транспортуванні і споживанні теплової енергії складають: $18,9 + 16,8 + 22,4 = 58,1$ млн. Гкал. В тому числі понаднормативні втрати складають: $9,4 + 7,4 + 11,2 = 26,0$ млн. Гкал. Втрати природного газу на виробництво понаднормативно втраченої енергії складають 4,03 млрд. куб. м

Рис.2.6. Аналіз втрат теплової енергії (за результатами теплопостачання населення і бюджетної сфери В.А.Маляренко)

Енергоощадність будинку оцінюється величиною втрат тепла Q на 1 м^2 площі будинку за опалювальний період, $\text{кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2/\text{опалювальний період})$, або витрати тепла на нагрівання 1 м^3 об'єму будинку за опалювальний період, $\text{кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^3/\text{опалювальний період})$. За величиною Q будинку можна визначити, чи має будинок низьку, середню або високу енергоощадність, порівнявши цю величину з нормативною $Q_{\text{норм}}$. Відповідно, енергоощадність будинку є на сьогодні критерієм, за яким можна визначити якість проекту і його реалізацію. Залежно від ступеня утеплення будинків (тобто від величини термічних опорів захисних конструкцій) їх можна розділити на три групи: добре, середньо і слабо утеплені. Відповідно до цього, можна говорити про те, що будинок має високу, середню, або низьку енергоощадність.

На рис.2.7 показана потреба в паливі в літрах за рік на опалення звичайної 2-х кімнатної квартири в багатоповерховому будинку, побудованому за нормами теплозахисту, які діяли в Україні до 1994 року (а) і введеними з 1995 року (б). Показані втрати палива, які компенсують тепловтрати через стіни, вікна, стелю і підлогу, а також втрати через витяжну вентиляцію.

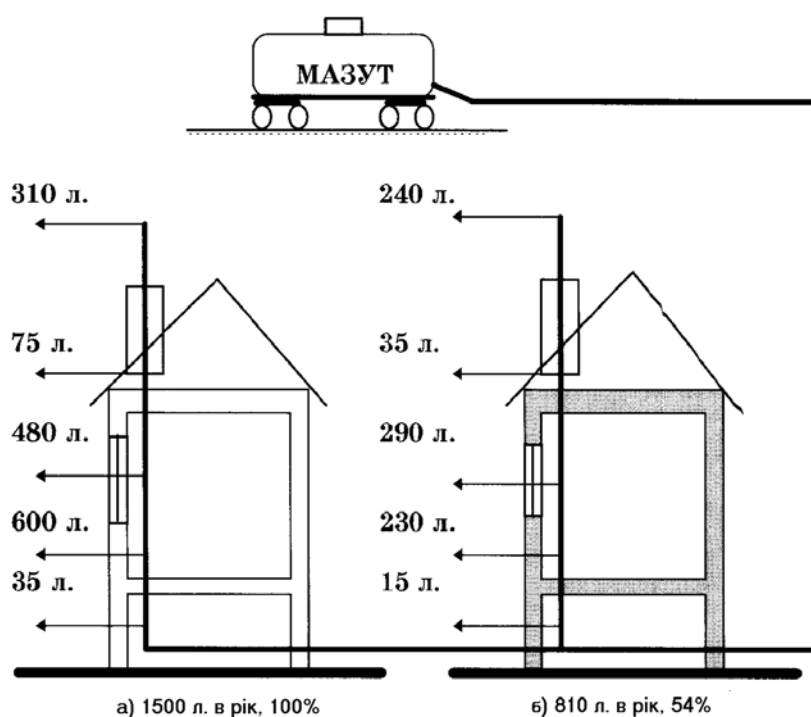


Рис.2.7. Потреба в паливі в літрах в рік на опалення 2-х кімнатної квартири

Порівняльні дані витрат теплової енергії на опалення будинків у країнах Західної Європи приведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Порівняльні дані витрат теплової енергії на опалення будинків в країнах Західної Європи

Будинки	Річні втрати теплової енергії Q , $\text{кВт}\cdot\text{год}/(\text{м}^2\cdot\text{рік})$
Існуючі в Україні та Польщі	від 220 до 400 (до термореновації)
Новозбудовані в Польщі	від 120 до 150
Сьогодні запроєктовані в Польщі	від 90 до 120
Термообновлені у Польщі	повинні становити <120
Сьогодні проєктовані, термореконструйовані в західних країнах	від 60 до 90
Малоенергетичні	< 80
Поодинокі в західних країнах	від 20 до 25
Сьогодні проєктовані в Україні	від 120 до 165 (I зона)

Теплозахист будівель та споруд залежить від багатьох факторів, і його найбільш ефективне вирішення можливе при комплексному врахуванні поверховості, планувальних рішень, орієнтуванні на місцевості, площі пройому в стінових огороженнях і їх герметичності, виборі будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, систем тепlopостачання і вентиляції.

На сучасному етапі повинна бути гарантована можливість реалізації різних за своїм характером (інколи навіть протилежних) вимог теплозахисту будівель та споруд, наприклад, необхідно забезпечити:

- стабільний тепловий режим в різні пори року, що потребує відповідної теплоакumuлюючої здатності будівельних конструкцій;
- швидке нагрівання приміщень, особливо для житлових будівель в години перебування в них основної маси мешканців;
- швидке охолодження приміщень (в нічні години і жаркі літні дні).

Заходи з теплозахисту будівель необхідні при зведенні стін підвалів, зовнішніх стін, перекриттів і покриттів з тим, щоб вони як можна менше віддавали тепла з приміщень назовні. На рис.2.8 наведено оцінку теплової ефективності енергозберігаючих заходів у будинках. Зусилля, в першу чергу, слід направляти на підвищення рівня теплоізоляції будинків.

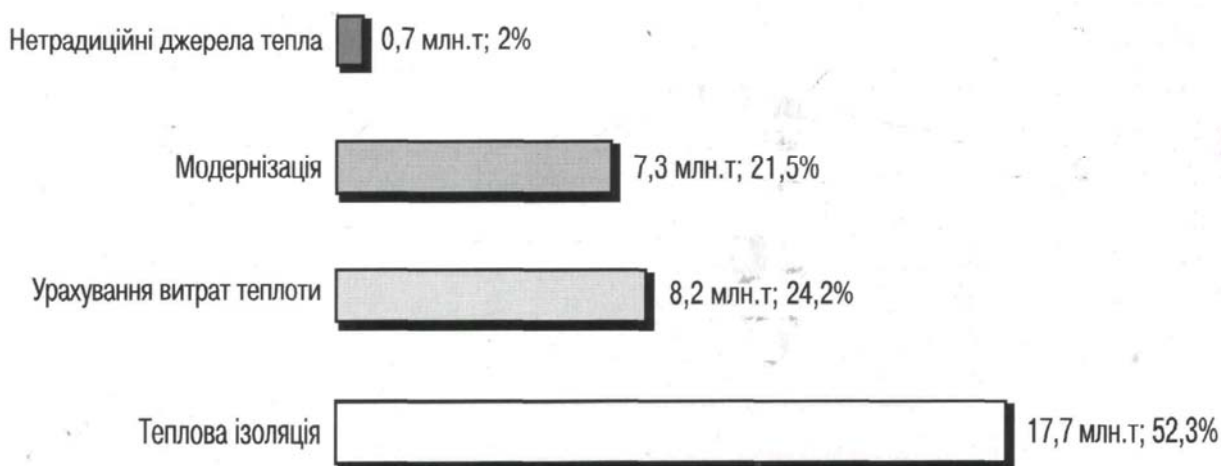


Рис.2.8. Оцінка енергозберігаючих заходів у житлових та громадських будинках

Окупність конструктивних заходів щодо зниження тепловтрат визначається, насамперед, цінами на енергоносії та економічними принципами вкладання коштів у енергозбереження. Необхідне сприяння держави для стимулювання розвитку цього напрямку національної економіки. Наявність діючого пакета нормативно-економічних актів – це той шлях, по якому пройшли вже такі країни, як Данія, Швеція та інші, де досягнуто значних успіхів щодо енергозбереження в існуючих будинках та спорудах.

Можна по-різному оцінювати ступінь можливого вдосконалення систем інженерного обладнання і теплової ізоляції будівель, однак, якщо виходити з використання засобів, які сьогодні можна оцінити як технічно доступні і економічно виправдані, то резерви енергозбереження, розраховані для України оцінюються величинами, приведеними в табл.2.2.

Таблиця 2.2

Максимально можливий вклад енергозберігаючих заходів у зменшення річної потреби житлових і громадських споруд України в первинній енергії палива (TACIS)

Енергозберігаючі заходи	Зменшення річної потреби в первинній енергії палива, млн. ГДж		Частка, %
Теплова ізоляція	518		65
В тому числі:			
зовнішніх стін		338	
холодних підлог		38	
покриттів		69	
вікон		50	
теплопроводів		23	
Модернізація систем тепlopостачання	275		35
В тому числі:			
систем опалення		138	
систем гарячого водопостачання		96	
теплових пунктів		41	
ВСЬОГО	793		100

Загальна потреба житлово-комунального сектора **України** в енергії палива на тепlopостачання оцінюється приблизно в **2200 млн. ГДж на рік**. При масовому впровадженні енергоощадних технологій у реконструкцію старої забудови в Україні річну витрату паливно-енергетичних ресурсів у будівлях можна **зменшити** більше, ніж на третину або **понад 800 млн. ГДж**, що еквівалентно **20 млрд. м³** природного газу. Якщо не проводити термомодернізацію житлово-комунального сектора в Україні, то доведеться змиритися з перспективою жити в країні, що засмічує навколишнє середовище продуктами спалювання палива, якого їй постійно не вистачає внаслідок постійного зростання цін. Внаслідок термомодернізації можлива економія складатиме близько 20 млрд. грн., що перевищує видатки в бюджеті на освіту, науку і культуру разом взяті.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВИ ТЕПЛОФІЗИКИ БУДІВЕЛЬ

Теплофізика як окрема наукова дисципліна виділилася з фізики і є результатом диференціації останньої за видами енергії (механічна – механіка, електрична – електродинаміка, теплова – теплофізика і т.д.).

З одного боку, теплофізика за своєю суттю та змістом може розглядатися як термодинаміка – наука, інтенсивний розвиток якої, насамперед, як теорії теплових двигунів нараховує не одне століття. З іншого боку, стрімкий розвиток фізики, інтенсивне зростання виробництва, перетворення, зберігання, транспортування і використання теплової енергії до кінця ХХ століття не тільки завершили формування теплотехніки як галузі знання і виробництва, але й сформували відносно молоду наукову дисципліну — теплофізику, що є теоретичними основами теплотехніки. Результатом злиття цих двох наукових дисциплін стала інтегральна наука теплофізика або, як її тепер називають, технічна теплофізика.

Раніше теплофізику часто представляли, виходячи не з основного змісту теплофізичних процесів, а за галузями виробництва. Як наслідок, з'явилася теплофізика будівельна, металургійна, технологічна та ін. Основи будівельної теплофізики були закладені в СРСР в 20-ті роки ХХ століття.

У той же час основні процеси теплообміну (теплопровідність, конвекція, радіація, теплообмін із внутрішніми джерелами теплоти) мають однакові математичні моделі незалежно від того, в яких об'єктах вони розглядаються: у космосі, енергетиці, металургії, сільському господарстві і т.д. Завдання конкретних умов однозначності для математичної моделі теплових явищ змінює тільки зовнішню форму вираження процесів тепло і масообміну відносно розглянутих об'єктів. Це повною мірою відноситься до будівельної теплофізики та будівельної теплотехніки, суть яких – вивчення законів переносу теплоти, вологи й повітря стосовно будівельних матеріалів і огорожуючих частин будинків (рис.3.1).

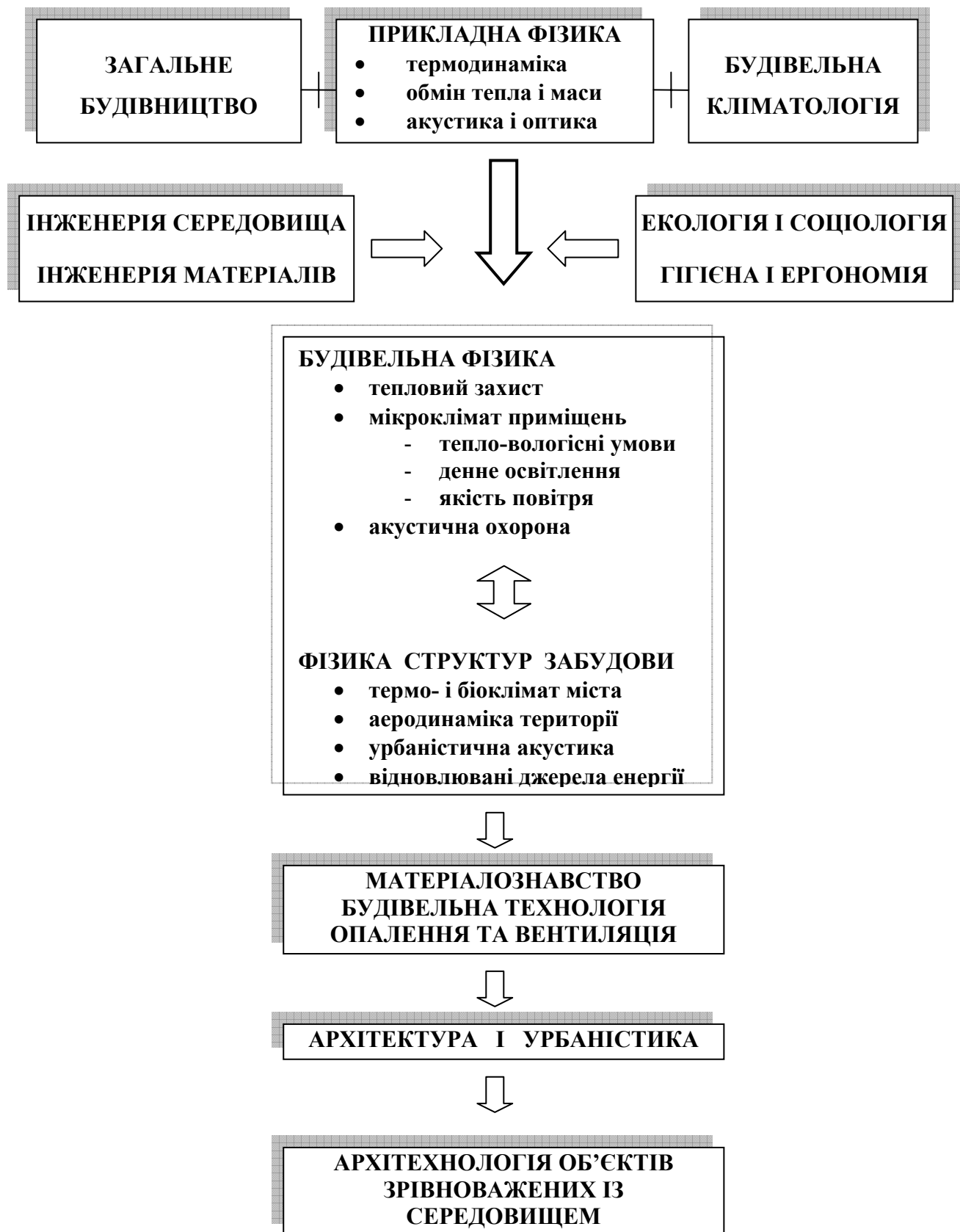


Рис.3.1. Будівельна фізика в ієрархії галузей знань, пов'язаних з будівельною діяльністю

Роль фундаментальних наук, насамперед, таких, як теплотехніка і її теоретичні основи – теплофізика, що включає в себе технічну термодинаміку та теплопередачу, особливо важлива в умовах розвитку науки і техніки на етапі реформування економіки, всіх галузей промисловості та сільського господарства, широкого застосування нових методів, спрямованих на економію паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів.

У наш час для постачання теплом промислових, цивільних і житлових об'єктів витрачається приблизно третина всіх паливно-енергетичних ресурсів країни. Тому забезпечення раціонального теплового режиму будинків, оптимальне використання теплоти в теплогенеруючих установках, системах тепlopостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування має першочергове значення. Від теплотехнічних властивостей зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків залежить кількість теплоти, яку втрачає будинок в холодну пору року (для опалюваних будинків) і яка надходить у будинок у теплу пору року. А це визначає: навантаження на систему опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а отже їхню вартість; сталість температурного режиму в об'ємі приміщення при змінах температури, швидкості повітря зовні будинку, тепловіддачі системи опалення будинку; температуру на внутрішній поверхні огорожуючої конструкції і можливість утворення конденсату на ній, а також вологий режим, що впливає на теплозахисні властивості огороження і його довговічність.

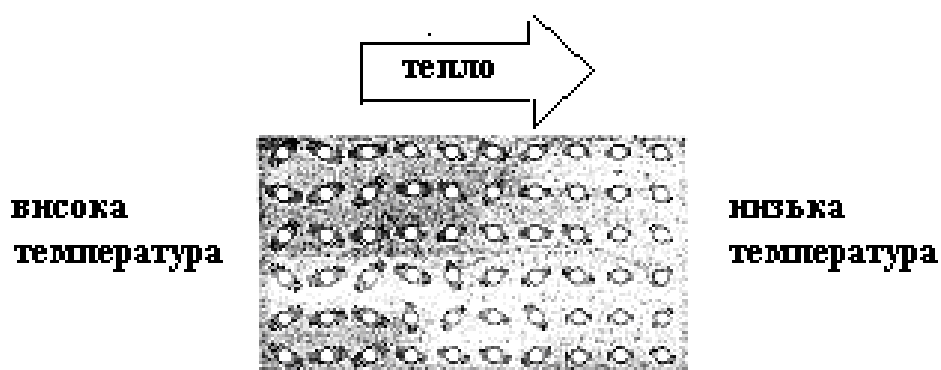
Вивчення законів теплового переносу та повітропроникання дозволяє інженеру раціонально проектувати зовнішні огорожуючі конструкції будинків з урахуванням всіх факторів, які можуть вплинути на експлуатацію даних конструкцій. Як наслідок, це дає змогу збільшити строк експлуатації будинків, знизити витрату теплової енергії при їх тепlopостачанні. Особливо велике значення має знання та правильне застосування теплофізичних законів в умовах широкого застосування в будівництві нових матеріалів і технологій.

Основні поняття і визначення

Теплота – це форма руху матерії, зв'язана з кінетичною енергією молекул. Тепловий рух – це безладний (хаотичний) рух мікрочастинок (молекул, атомів та ін.), з яких складаються всі тіла. Передача енергії в результаті обміну хаотичним, ненаправленим рухом мікрочастинок називається теплообміном, а кількість переданої при цьому енергії – кількістю теплоти, теплотою процесу або просто теплотою.

Загальне уявлення про залежність інтенсивності руху мікрочастинок тіла від температури дає атомно-молекулярне вчення про будову речовини. Так, швидкість хаотичного руху атомів і молекул та температура тіла взаємозв'язані – чим вища температура тіла, тим більша швидкість руху його атомів, молекул та інших частинок, і навпаки. Дж. Максвелл показав, що чим вища температура тіла, тим більша середня кінетична енергія мікрочастинок (молекул, атомів, електронів). При цьому, внутрішня енергія тіла складається з кінетичної енергії хаотичного (теплого) руху атомів і молекул та потенціальної енергії їхньої взаємодії. Залежно від агрегатного стану речовини внесок цих складових різний: внутрішня енергія газів головним чином зумовлена кінетичною енергією теплового руху його частинок; у твердих тілах вона фактично визначається потенціальною енергією їхньої взаємодії; у рідин їхні частинки приблизно рівні.

напрямок передавання тепла



У природі передавання теплоти від одних тіл іншим може відбуватися по-різному. Залежно від цього розрізняють три види теплообміну: теплопровідність, конвекція, теплове випромінювання, або променистий теплообмін.

Теплопровідність. Розігріті мікрочастинки передають частину своєї енергії сусіднім частинкам, збільшуючи їхню кінетичну енергію (звісно, і температуру). Таке передавання енергії в результаті безпосередньої взаємодії частинок тіл здійснюється ніби ланцюжком, шар за шаром, і з часом досягається вирівнювання температури всіх частин тіла. Зрозуміло, що ніякого перенесення речовини при цьому не відбувається.

Передавання теплоти від більш нагрітих частин тіла до менш нагрітих, яке веде до вирівнювання температур без перенесення речовини, називається теплопровідністю.

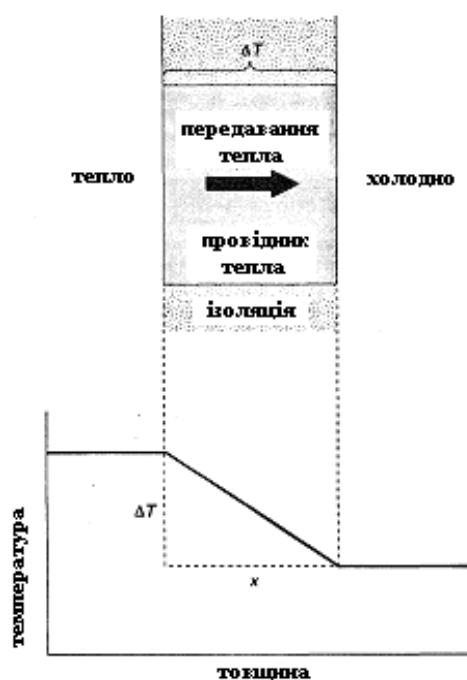
Гази. Під час ударів швидкі частинки передають енергію повільнішим частинкам. В такий спосіб тепло розходиться в цілому газі.

Неметалеві тверді тіла та рідини. Частинки тут зв'язані між собою силами притягання. Частинки, що коливаються з найбільшою енергією, передають деяку кількість своєї енергії частинкам з меншою енергією. Такий процес передачі тепла є повільніший, ніж процес, що проходить в металах.

Метали. В металах існують вільні електрони, що знаходяться в тепловій рівновазі з оточуючими коливаннями атомів. Ці електрони рухаються з великими швидкостями і швидко переносять енергію з однієї частини металу до іншої. При цьому частина енергії передається також внаслідок енергії коливного руху. Все це визначає те, що метали мають найвищу теплопровідність.

Серед металів найкращими провідниками тепла є мідь і срібло. Значно гірше проводять тепло неметалічні тверді тіла: дерево, цегла, тканини, більшість пластмас, папір тощо. Найгіршими провідниками тепла є гази, зокрема повітря.

Якщо між прилеглими стінками тіла товщиною Δx існує різниця температур ΔT , то внаслідок цього протягом часу Δt через тіло передається тепло ΔQ в напрямку спадання температури:



Відношення $\Delta T/x$ означає градієнт температури, який є від'ємний, а $\Delta Q/\Delta t$ – швидкість теплопередачі або потужність (Вт). Ця величина пропорційна до:

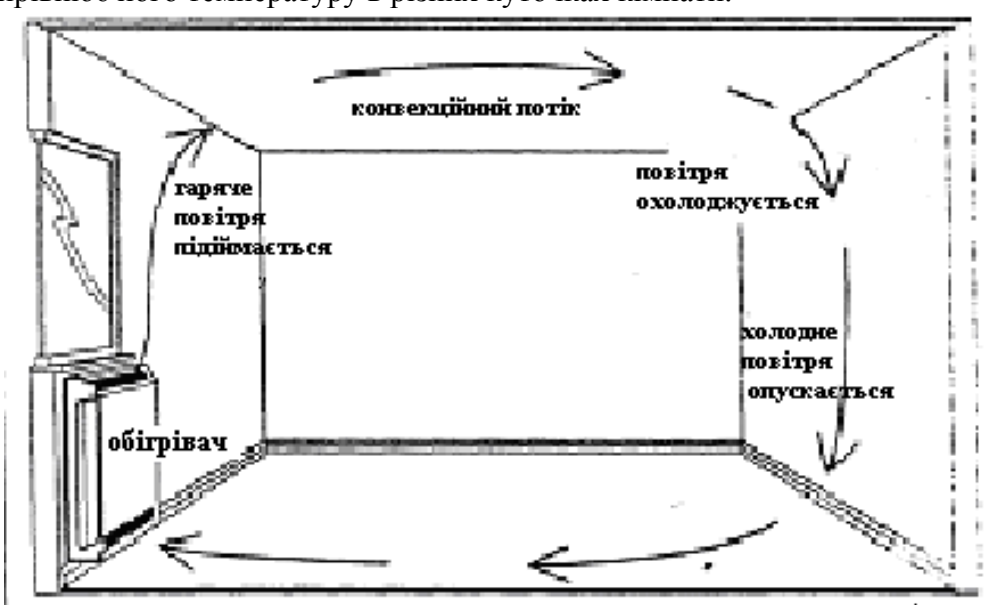
- градієнту температури;
- площі поперечного перерізу.

Конвекція. Під час передавання теплоти у рідинах і газах поряд з теплопровідністю відбуваються теплообмінні процеси, що супроводжуються перенесенням речовини. Неоднорідність густини холодних і теплих шарів спричинює виникнення архімедової сили,

яка змушує легші теплі шари підніматися вгору, а важчі холодні — опускатися вниз. Такий теплообмін з перенесенням речовини відбувається доти, доки існує різниця температур.

Теплообмін внаслідок перенесення речовини у газах і рідинах називається конвекцією.

Конвекційний теплообмін зумовлює багато природних явищ і процесів. Зокрема, він спричинює утворення вітру. Завдяки конвекції повітря, в кімнаті здійснюється її обігрів від системи опалення: потоки теплого повітря, як більш легкого, від радіатора піднімаються вгору, а їх заміщує більш важке холодне повітря; воно, у свою чергу, нагрівається від радіатора, стає теплим і піднімається вгору. Таке постійне переміщення холодного і теплого повітря вирівнює його температуру в різних куточках кімнати.



Променевий теплообмін. Попередні два види передавання тепла передбачали наявність певного середовища і носіїв взаємодії, завдяки яким відбувався теплообмін. У разі теплопровідності — це мікрочастинки (атоми і молекули), з яких складається речовина. Конвекційний теплообмін пояснюється переміщенням холодних і теплих потоків рідин чи газів, які спричинені неоднорідностями густини середовища. Існує проте й такий вид теплообміну, який не потребує наявності середовища. Цей особливий вид теплообміну називається променевим, або **тепловим випромінюванням**. Воно подібне до світлового випромінювання і за своєю природою нічим від нього не відрізняється, хоча разом з тим має свої специфічні закономірності. За променевого теплообміну передавання теплоти зумовлене перетворенням частини внутрішньої енергії тіла в енергію випромінювання, яка поширюється в просторі і поглинається іншими тілами. Унаслідок поглинання тілом енергії випромінювання відбувається її зворотне перетворення у внутрішню енергію.

Теплопровідність як явище транспорту енергії

Загалом, передача тепла від одного тіла до іншого описується *кінетично-молекулярною теорією будови тіл*. Ця теорія дає змогу виявити значну кількість явищ, що виступають при безпосередньому стикі двох тіл, які відрізняються фізичним станом, наприклад температурою, тиском або хімічним складом. Це так звані *явища вирівнювання*, як правило, незворотні, пов'язані з тепловим рухом частинок. Дана теорія описує явища теплопровідності, дифузії та багато інших.

Якщо в початковий момент у даній системі в різних місцях виступає різниця певних величин, то внаслідок мікрорухів частинок за певний час настає вирівнювання, хіба що спрямовано ззовні підтримується така різниця, щоб викликати *явище припливу або транспорту*. Тоді густина потоку

$$J = -k \frac{d\varphi}{dx}$$

де k – коефіцієнт транспорту.

Теплопровідність пов'язана з транспортом енергії через частинки (з рухом частинок, що переносять кінетичну енергію).

Розглянемо дві рівні поверхні $S_1 = S_2 = S$, що знаходяться на відстані dl . Нехай спад температури на відстані dl буде $-dT$, де знак мінус означає зменшення температури на відстані dl . Тоді через поверхню S протягом часу dt відбудеться приплив енергії у вигляді теплоти dQ . Між цими величинами встановлено емпіричний зв'язок

$$dQ = -\lambda \frac{dT}{dl} S \cdot dt$$

Рівняння теплопровідності (Правило Фур'єра)

$$\frac{dQ}{dt} = -\lambda \frac{dT}{dl} S, \quad j_Q = -k \frac{dT}{dl}$$
 густина струменю тепла

де: dQ/dt має назву швидкості припливу тепла через поверхню S у випадку, якщо вздовж напрямку l , перпендикулярного до S , виступає спад температури $-dT$, що описується швидкістю зміни (градієнтом) $-dT/dl$;

λ - коефіцієнт теплопровідності, що характеризує дану речовину, яка проводить енергію у вигляді тепла.

Знак «-» означає, що енергія передається від теплішого тіла до холоднішого, а отже в сторону протилежну до зростання температури $+dT$.

Передача тепла – це явище незворотнє.

ТЕПЛОТА – ЦЕ ВЕЛИЧИНА, ЩО ОПИСУЄ ЗМІНУ ВНУТРІШНЬОЇ ЕНЕРГІЇ ВНАСЛІДОК РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР.

ЗГІДНО СУЧАСНИХ ПОНЯТЬ ТЕРМОДИНАМІКИ ТЕПЛОТОЮ МОЖНА НАЗВАТИ ТІЛЬКИ ПЕВНИЙ МІКРОСКОПІЧНИЙ СПОСІБ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ.

МАКРОСКОПІЧНИЙ СПОСІБ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ ВІД СИСТЕМИ ДО СЕРЕДОВИЩА АБО З СЕРЕДОВИЩА ДО СИСТЕМИ, ЩО ПОВ'ЯЗАНИЙ З РУХОМ ДЕЯКИХ ТІЛ, НАЗИВАЄТЬСЯ РОБОТОЮ.

Теплові параметри тіл виражаються їх температурою, вимірюваною в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) або Кельвіна (K).

В якості одиниці виміру кількості теплоти довгий час приймалася кілокалорія (ккал), яка виражає кількість теплоти затраченої для нагрівання одного літра води на 1°C при атмосферному тиску.

В системі одиниць SI кілокалорія замінена джоулем (Дж) і кілоджоулем (кДж). **Один джоуль** дорівнює роботі, яка здійснюється при переміщенні точки прикладеної сили, рівної 1Н, на відстань 1м у напрямку діючої сили:

$$1\text{Дж} = 1\text{Н}\cdot\text{м}$$

Енергія, кількість теплоти і робота являються еквівалентними фізичними поняттями. «Механічний еквівалент теплоти» виражається наступним співвідношенням:

$$1\text{ккал} = 4,187\text{ кДж} = 4,187 \times 10^3\text{ Вт}\cdot\text{с};$$

Теплова потужність

$$1\text{ ккал}/\text{год} = 4187\text{ Вт}\cdot\text{с}/3600\text{ с} = 1,163\text{ Вт} \text{ або } 1\text{ Вт} = 0,860\text{ ккал}/\text{год}$$

Останнім часом для оцінки кількості теплоти використовують:

$$1\text{Гкал} = 4,2\text{ ГДж}; \text{ або } 1\text{ ГДж} = 0,24\text{ Гкал}$$

$$1\text{МДж} = 10^6\text{ Дж}$$

$$1\text{ кВт}\cdot\text{год} = 1000\text{ Вт} \cdot 3600\text{ с} = 3,6\text{ МДж}.$$

Теплопровідність – це також здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях. Така здатність характеризується коефіцієнтом теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(t_1 - t_2)F\tau}$$

де Q – кількість тепла, Дж; F – площа зразка, м^2 ; δ – товщина матеріалу, м; τ – час, с; $(t_1 - t_2)$ – різниця температур на поверхнях, K.

Коефіцієнт теплопровідності – кількість тепла, що проходить крізь зразок матеріалу товщиною 1 м, площею 1 м² за 1 с при різниці температур на протилежних сторонах зразка в один градус.

Значення коефіцієнта теплопровідності залежить від ступеня пористості й характеру пор, структури, вологості, температури, а також від виду матеріалу.

Найсильніше на теплопровідність впливає пористість. Чим менша середня густина матеріалу, тим більше в ньому пор, наповнених повітрям. З усіх природних та штучних речовин, повітря має найменшу теплопровідність [$\lambda_{\text{пов}} = 0,023 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$], тому коефіцієнт теплопровідності сухих легких пористих матеріалів невеликий і має проміжне значення між теплопровідністю твердої речовини та повітря.

Проте показник теплопровідності залежить не лише від кількості, а й від величини та форми пор. Будівельні матеріали з дрібними й закритими порами менш теплопровідні, тоді, як матеріали з великими та сполученими порами характеризуються вищим коефіцієнтом теплопровідності, оскільки в таких порах виникає рух повітря, що супроводжується перенесенням теплоти (конвекція).

Слід враховувати, що матеріали одного й того самого походження, але різного структурного стану можуть мати різну теплопровідність. Так, волокнисті матеріали мають неоднаковий коефіцієнт теплопровідності в різних напрямках. Наприклад, для сухої соснової деревини, якщо тепловий потік напрямлений вздовж волокон, то $\lambda = 0,17 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, а якщо впоперек, то $\lambda = 0,44 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Теплопровідність кристалічних речовин вища, ніж аморфних. Наприклад, такі щільні мінеральні матеріали, як грані і скло із середньою густиною майже 2700 кг/м^3 , значно різняться за коефіцієнтом теплопровідності: для граніту (кристалічний матеріал) $\lambda = 2,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, для скла (аморфний матеріал) $\lambda = 1,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Матеріали органічного походження порівняно з мінеральними при однаковій середній густині мають меншу теплопровідність.

Теплопровідність будівельних матеріалів визначають у лабораторіях за допомогою спеціальних приладів та установок. Проте, врахувавши загальну залежність λ від ρ_m і скориставшись емпіричною формулою проф. Н.П.Некрасова, можна орієнтовно визначити коефіцієнт теплопровідності для повітряно-сухих (з природною вологістю 1-7 %) матеріалів мінерального походження:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16,$$

де d — відносна густина матеріалу.

Зміна вологості будівельних матеріалів істотно позначається на їхній теплопровідності. Оскільки для води $\lambda_w = 0,58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, тобто у 25 разів більше, ніж для повітря, то пори, заповнені водою, легше пропускають тепловий потік, і коефіцієнт теплопровідності водонасичених матеріалів підвищується.

Залежність λ від вологості можна подати формулою:

$$\lambda_w = \lambda_c + \Delta \lambda W$$

де λ_w і λ_c - коефіцієнти теплопровідності відповідно вологого й сухого матеріалу, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\Delta \lambda$ - приріст коефіцієнта теплопровідності, %, на кожний процент збільшення W (для мінеральних матеріалів $\Delta \lambda = 0,0023$ при додатних температурах і $0,0047$ — при від'ємних; для органічних матеріалів $\Delta \lambda$ дорівнює відповідно $0,0035$ і $0,0047$); W - вологість матеріалу, % за об'ємом.

Теплопровідність насичених водою й заморожених матеріалів ще вища, оскільки теплопровідність льоду приблизно в 4 рази більша, ніж води (в 100 разів більша, ніж повітря): $\lambda_{\text{льоду}} = 2,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Отже, коли матеріали для теплової ізоляції використовуються в місцях з підвищеною вологістю, слід передбачити їх гідроізоляцію.

На рис.3.2 наведено графіки залежності теплопровідності неорганічних сухих матеріалів від середньої густини (а) та від вологості за об'ємом (б).

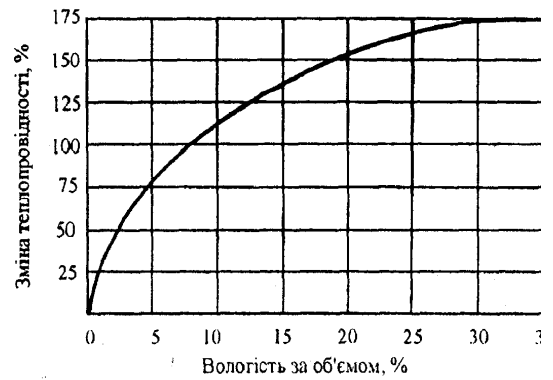
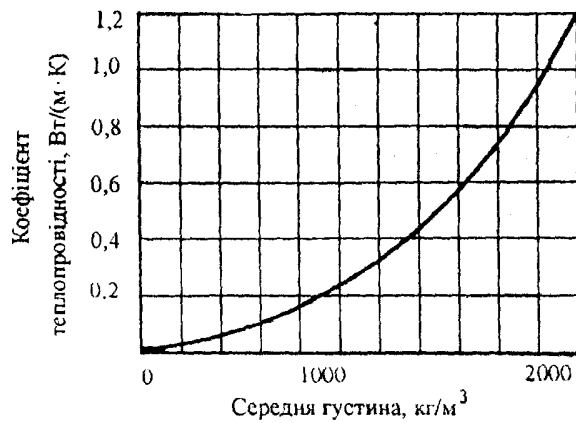


Рис.3.2. Залежність теплопровідності неорганічних сухих матеріалів від середньої густини (а) та від вологості за об'ємом (б)

Певна зміна коефіцієнта теплопровідності відбувається також під дією температури, при якій передається тепловий потік. Цю зміну λ можна подати формулою

$$\lambda_T = \lambda_0 + \alpha(T - 273),$$

де λ_T і λ_0 — коефіцієнти теплопровідності відповідно при температурі T і нульовій, Вт/(м · К); α — зміна коефіцієнта теплопровідності при зміні температури на один градус, Вт/(м · К); T — температура матеріалу, К.

Зауважимо, проте, що виняток становлять метали, для яких з підвищенням температури коефіцієнт теплопровідності дещо знижується, на відміну від інших видів будівельних матеріалів, де λ підвищується. Це збільшення має велике значення для матеріалів, які застосовуються для теплової ізоляції пічних агрегатів, паропроводів тощо.

Матеріали органічного походження порівняно з мінеральними при однаковій середній густині мають менший коефіцієнт теплопровідності. В додатку наведено коефіцієнти теплопровідності деяких будівельних матеріалів.

Теплопровідність — один з найважливіших показників, що характеризують теплозахисні властивості матеріалів, за яким визначають їхню належність до групи теплоізоляційних або конструктивно-теплоізоляційних. Зокрема, теплоізоляційні матеріали повинні мати коефіцієнт теплопровідності не більший, ніж 0,175 Вт/(м · К) і середню густину не більш як 500 кг/м³.

З теплопровідністю пов'язана така важлива характеристика матеріалів, застосовуваних для зовнішніх огорожувальних конструкцій, як **термічний опір R_δ , або опір теплопередачі**, що є величиною, оберненою до λ :

$$R_\delta = \delta / \lambda,$$

де R_δ - термічний опір одношарової огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

δ - товщина стінового матеріалу, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності стінового матеріалу.

Від показника термічного опору залежить товщина зовнішніх стін і витрата палива на опалення будівель. Розраховуючи термічний опір багатошарової огорожувальної конструкції, враховують коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів, з яких вона складається:

$$R_{заг} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

де $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – товщина окремого шару, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коефіцієнти теплопровідності окремих шарів, Вт/(м · К).

З метою зниження рівня енергоспоживання будинків і наближення норм енергоспоживання України до норм високорозвинених країн Європи (рис.3.3) прийнято ряд нормативних документів, однак їхнє впровадження в будівництво є дуже повільним, у зв'язку з відсутністю коштів та механізму контролю за їх впровадженням.

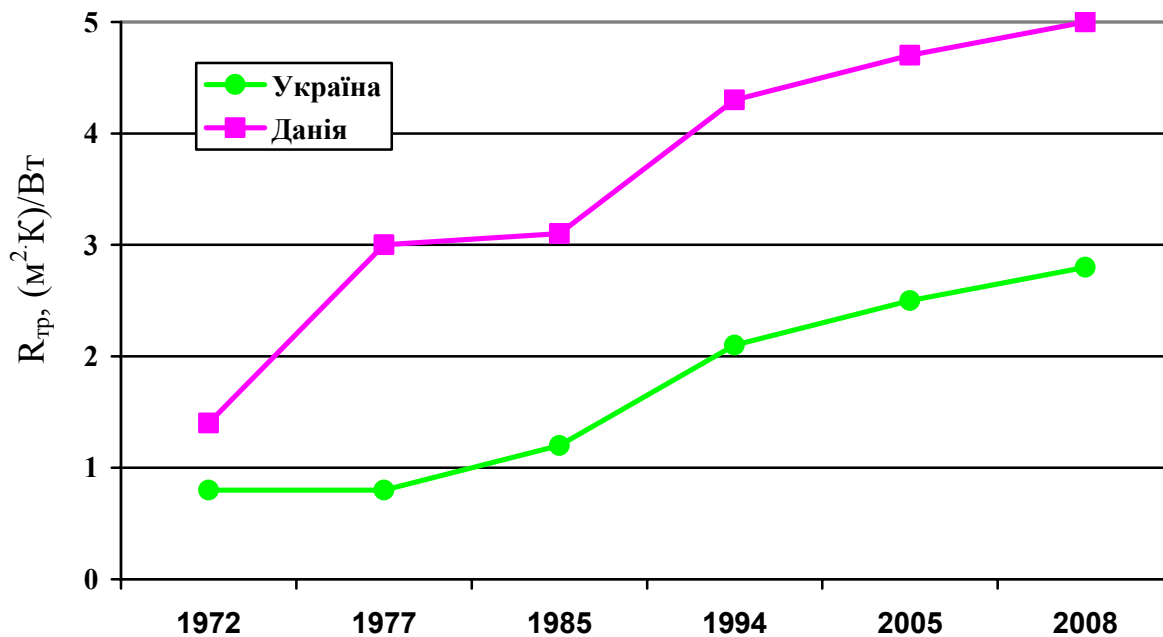


Рис.3.3. Динаміка росту величини термічного опору стін житлових будівель згідно будівельних норм Данії і України

Після введення в 1993 році додатку до «Будівельних норм і правил» СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника» по фасадних теплоізоляційних системах вже з 1995 року в будівельній справі реально й інтенсивно впроваджуються ефективні будівельні матеріали, вироби і конструкції, які забезпечують у фасадах коефіцієнт термічного опору $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ на сьогодні, а з 1 січня 2008 року $2,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ (згідно ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель) – тобто збільшення теплоізоляції майже в 2,5 рази порівняно з 1993 роком. Практично стовідсотково впроваджуються енергозберігаючі вікна, двері, системи.

Територія України умовно поділена на 4 температурні зони:



I	Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Житомирська, Вінницька, Чернігівська, Київська, Черкаська, Кіровоградська, Сумська, Полтавська, Дніпропетровська, Харківська, Луганська, Донецька
---	---

II	Волинська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Запорізька
III	Закарпатська, Одеська, Миколаївська, Херсонська, АР Крим (крім ПУК)
IV	Південне Узбережжя Криму

(межі температурних зон можуть не співпадати з межами областей)

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків, $R_{q \min}$, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, представлено в табл.3.1.

Щоб забезпечити нормативний термічний опір, будівництво будівель і споруд з традиційних стінових матеріалів (цегла, керамзитобетонні панелі, шлакоблоки) стає економічно не вигідним, бо виникає потреба збільшення товщини стіни до 1-2 м (рис.3.4).

Таблиця 3.1

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків, $R_{q \min}$, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$

оз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, для температурної зони			
		I	II	III	IV
	Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
a*	Покриття й перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	3,9	3,3
б		3,3	3,0	2,6	2,2
	Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям	3,5	3,3	3,0	2,5
	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
a*	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані нижче рівня землі*	3,75	3,45	3,0	2,7
б		2,5	2,3	2,0	1,8
а	Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45
б		0,5	0,5	0,5	0,45
	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,41	0,39	0,32
	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,60	0,56	0,54	0,45
	Вхідні двері в квартири, що розташовані вище першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25
* Для будинків садибного типу і будинків до 4 поверхів включно					

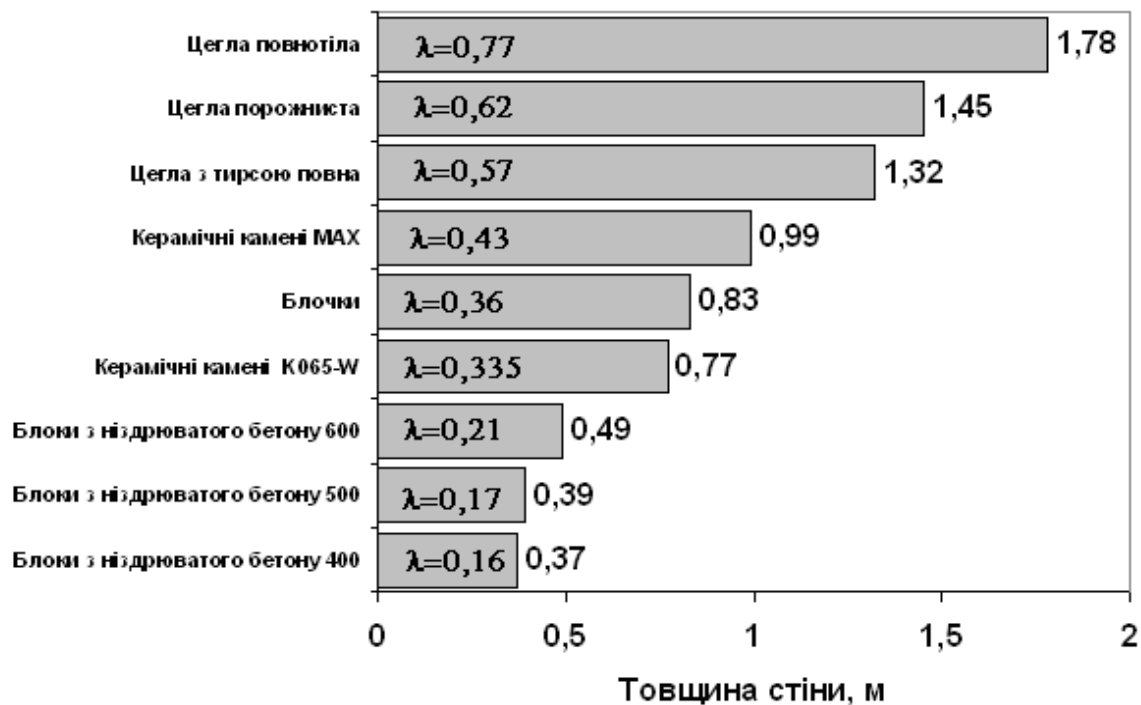


Рис.3.4. Залежність товщини стіни від коефіцієнту теплопровідності

Коефіцієнт теплопередачі – визначає кількість теплоти (Дж), що передається через одиницю площі (m^2) конструкції за одиницю часу (1 с) при різниці температур середовищ, що розділяє конструкція, рівній 1К Коефіцієнт теплопередачі U або k – величина, обернена до загального термічного опору теплопередачі ($R_{заг}$) огорожуючої конструкції:

$$U = 1 / R_{заг} [Вт/(m^2 \cdot K)],$$

$$R_{заг} = \sum R_i + (R_3 + R_8)$$

Термічні опори тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхні захищення (стіни)

$$R_3 + R_8 = 1/\alpha_3 + 1/\alpha_8 = 0,04 + 0,13 = 0,17 (m^2 K/Bm) = const.$$

Таким чином, теплові втрати через матеріал перегородок будівлі характеризуються величиною коефіцієнту теплопередачі. Чим більший коефіцієнт теплопередачі перегородки, тим більше втрат тепла через його поверхню, а високе значення величини термічного опору свідчить про добру теплоізоляцію. Тепловтрати через перегородки розраховують, перемножуючи величину U (k) на площу поверхні перегородки і на різницю температури повітря, що знаходиться з різних його сторін. Ця температура змінюється протягом опалювального сезону, тому розрахувати тепловтрати можна тільки для певного часу, для якого відома температура зовнішнього повітря.

Будівельними нормами для кожного географічного пункту визначена розрахункова температура зовнішнього повітря, яку використовують для визначення максимальних втрат тепла в найхолодніший день зими. Для визначення споживання енергії за весь опалювальний сезон необхідно мати середню температуру зовнішнього повітря і кількість діб, протягом яких необхідно опалювати приміщення. Коли перемножити ці дві величини, то отримаємо характеристику клімату місцевості, що називають кількістю градусо-діб КГД (day-degree – DD) опалювального періоду. Чим точніші дані про зміни температури зовнішнього повітря, тим точнішими будуть обчислення щодо загального споживання енергії. Кількість градусо-діб розраховують тільки для тих періодів року, коли температура зовнішнього повітря нижча від $18^\circ C$. Більш точно температурну зону, в якій знаходиться місце будівництва, можна визначити за кількістю градусо-діб (КГД) опалювального періоду:

$$КГД = (t_b - t_{o.п.}) Z_{o.п.},$$

де t_b - розрахункова температура внутрішнього повітря, $18^\circ C$; $t_{o.п.}$ - середня температура опалювального періоду, $^\circ C$; $Z_{o.п.}$ - тривалість опалювального періоду, діб.

Якщо розрахункова температура внутрішнього повітря більша (менша) 18°C, то нормовані величини термічних опорів захищень (крім вікон і балконних дверей) необхідно збільшити або зменшити на 5% на кожний градус.

До температурних зон належать географічні пункти України, в яких кількість градусо-діб:

- до першої зони – понад 3501 ГД;
- до другої зони – 3001-3500 ГД;
- до третьої зони – 2501-3000 ГД;
- до четвертої зони – менше ніж 2500 ГД.

Поняття «градусо-доба» ґрунтується на ідеї, згідно з якою існує зовнішня температура повітря, яка називається базовою, вище якої опалення не потрібно, оскільки людям, які знаходяться в будинку, буде достатньо тепло завдяки освітленню, електричному обладнанню, сонячному теплу, яке проникає через вікна, а також теплу, що виділяють люди. Градусо-доба означають тривалість і величину пониження температури щодо базової, яка для більшості будинків приймається рівною 8°C. Іншими словами, градусо-доба є мірилом суворості погодних умов, де за базовий рівень прийнято температуру 8°C. За базову може бути прийнята й інша температура (вища – для шкіл, дитячих садків, інтернатів для престарілих людей тощо). Це може дозволити собі тільки багата країна.

Отже, загальний термічний опір будівельних захищень $R_{\text{заг}}$ житлових і громадських будинків при їхньому проектуванні, реконструкції або капітальному ремонті повинен бути більшим чи дорівнювати потрібному термічному опорі $R_{\text{заг}}^{\text{потр}}$, визначеному на підставі санітарно-гігієнічних вимог (таблиця 1), і дорівнювати нормованому термічному опорі $R_{\text{норм}}$.

$$R_{\text{заг}}^{\text{потр}} \leq R_{\text{заг}} = R_{\text{норм}}$$

Загальний опір теплопередачі зовнішніх захищень $R_{\text{заг}}$ може бути і більшим за нормований $R_{\text{норм}}$, але тільки за згодою Замовника проекту будинку, оскільки це збільшить капітальні затрати на будівництво.

Приклад

За місяць (30 діб) з середньою температурою зовнішнього повітря +7°C кількість градусо-діб складе $(18 - 7)^\circ\text{C} \times 30 \text{ діб} = 330$ градусо-діб, а тепловтрати Q одного метра квадратного стіни за місяць складуть: $Q_{\text{місяць}} = (DD_{\text{місяць}} \times K \times 24) / 1000$. При коефіцієнті теплопередачі 1,0 Вт/(м²·К) це дасть величину теплових втрат з 1 м² стіни за місяць:

$$(330 \times 1,0 \times 24) / 1000 = 7,92 \text{ кВт год/м}^2$$

Таким чином визначають річні витрати теплової енергії в результаті тепловтрат через зовнішні конструкції. На рис 3.5 показаний розклад витрат і поступлення енергії в будинку з середнім і низьким споживанням енергії.

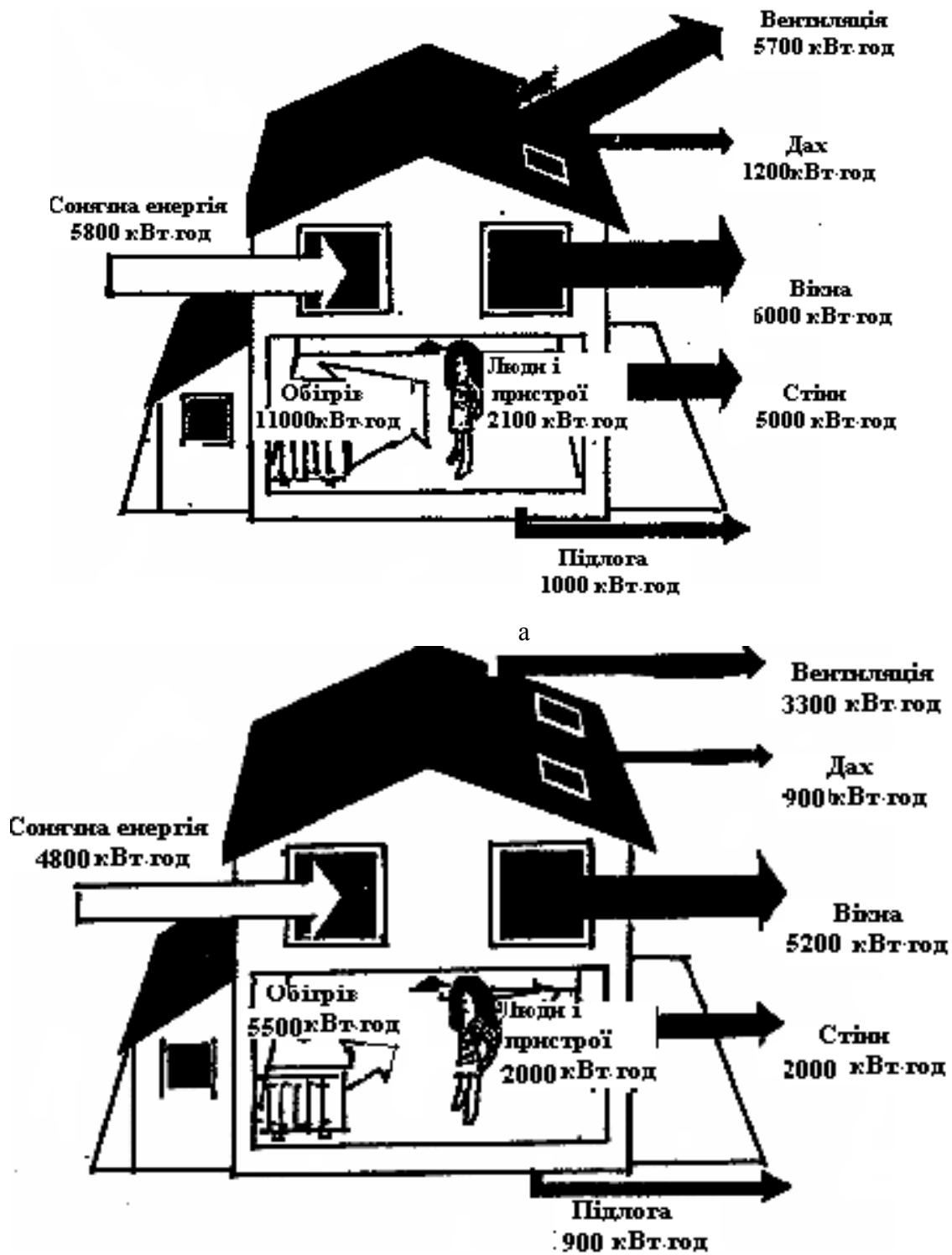


Рис.3.5. Розклад витрат і поступлення енергії в будинку з середнім (а) і низьким (б) споживанням енергії

В той же час, ці обчислення не враховують витрат тепла на вентиляцію, які розраховують згідно з нормативами для кожного типу приміщень. Отримані величини річних витрат теплоти на опалення та вентиляцію можуть використовуватися для порівняння різних проектів реконструкції будівель, в яких плануються заходи з енергозбереження.

Теплопровідність повітряних прошарків характеризується не коефіцієнтом теплопровідності, а термічним опором. Тут визначальним є процес конвекції, товщина і довжина повітряних прошарків.

Теплопередача між поверхнею будівельної конструкції і навколишнім середовищем може проходити трьома можливими шляхами передачі тепла.

Теплоємність – це здатність матеріалу під час нагрівання поглинати (акумулявати) теплоту. Вона характеризується питомою теплоємністю (коефіцієнтом теплоємності), тобто кількістю теплоти, необхідної для нагрівання одиниці маси на один градус, Дж/(кг К):

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)},$$

де Q — кількість теплоти, необхідної для нагрівання матеріалу, Дж;

m — маса матеріалу, кг;

t_2 і t_1 — відповідно кінцева та початкова температури нагрівання, К.

Фізична суть питомої теплоємності речовини полягає в тому, що вона визначає, як впливає теплопередача на тепловий стан тіла, зокрема на його внутрішню енергію. Числове значення питомої теплоємності речовини визначає зміну внутрішньої енергії тіла масою 1 кг зі зміною температури на 1 К. Наприклад, значення питомої теплоємності сухого дерева (дуб) 2400 Дж/кг·К означає, що підвищення температури 1 кг дерева на 1 К викличе зростання його внутрішньої енергії на 2400 Дж. І навпаки, вона зменшиться на 2400 Дж, якщо температура 1 кг дерева знизиться на 1 К.

Тому теплоємність матеріалів має велике значення в тих випадках, коли потрібно враховувати акумуляцію теплоти огорожувальними конструкціями з метою збереження температур без різких коливань у приміщенні або в тепловому промисловому агрегаті при зміні теплового режиму. Це буває, наприклад, коли розраховують й конструюють теплостійкі огороження (стіни, перекриття, печі) або розраховують підігрівання матеріалів для зимового бетонування тощо.

Питому теплоємність для багат шарових конструкцій розраховують за формулою:

$$c = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots + m_n c_n) / (m_1 + m_2 + \dots + m_n),$$

де m_1, m_2, m_n — маси окремих шарів, кг; c_1, c_2, c_n - питомі теплоємності цих шарів, Дж/(кг · К).

Із зволоженням питома теплоємність матеріалу збільшується, оскільки теплоємність води велика й становить 4,2 кДж/(кг·К). Звідси можна зробити висновок, що вода, яка має найбільшу питому теплоємність, належить до матеріалів, найбільш придатних для магазинування тепла.

Для огорожувальних конструкцій житлових та опалюваних будівель вибирають матеріали з невеликим коефіцієнтом теплопровідності, але з вищою питомою теплоємністю.

Питома теплоємність кам'яних природних і штучних матеріалів становить 0,76-0,92 кДж/(кг·К), скла — 0,67, сталі — 0,48, алюмінію — 0,87 кДж/(кг·К). Деревні та інші органічні матеріали мають вищий коефіцієнт теплоємності, наприклад деревина (суха) — 2,4-3,0 кДж/(кг·К). Тому дерев'яні стіни акумулюють більше теплоти, ніж кам'яні, а згодом можуть віддавати її всередину приміщення.

При розрахунку розмірів печей або сушарок потрібно знати величину питомої об'ємної теплоємності (рис.3.6). Вона характеризується кількістю тепла, необхідного для нагрівання 1 м³ матеріалу на 1 градус. Питому об'ємну теплоємність, Дж/м³·К, розраховують за формулою:

$$c_v = c \cdot \rho_{сер},$$

де c – питома теплоємність, Дж/кг·К, $\rho_{сер}$ – середня густина матеріалу, кг/м³.

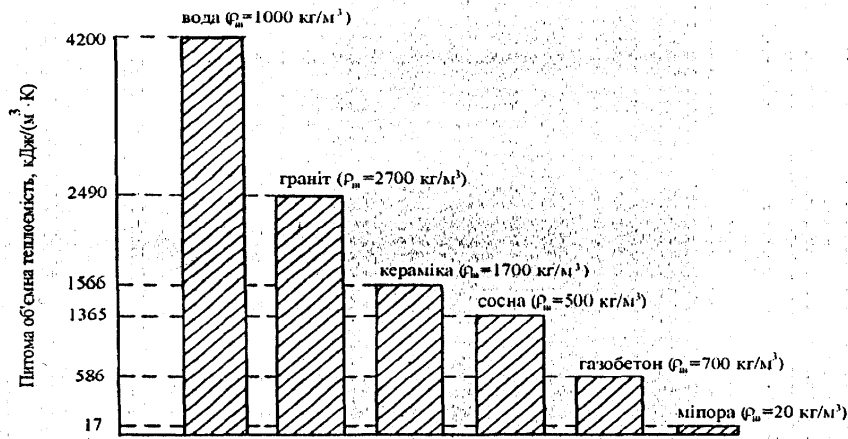


Рис.3.6. Порівняння питомої об'ємної теплоємності деяких матеріалів

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ (РОБОТА, ТЕПЛОТА НАГРІВАННЯ ТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧА)

Механічна робота

Розрахувати роботу, необхідну для підняття вантажу масою $m=100\text{т}$ на висоту $h=1\text{м}$ (наприклад, необхідно завантажити на піддони на висоту 1м цемент у мішках у кількості 100тонн)

$$A = mgh = 100000 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ Н/кг} \cdot 1\text{м} \approx 1000 \text{ 000 Дж} = 1 \text{ МДж.}$$

Людина за день споживає продукти харчування, сумарна енергетична цінність яких знаходиться в межах $2500\text{-}4000 \text{ ккал} = 10,5\text{-}16,8 \text{ МДж}$ (відповідно для жінок та чоловіків).

Отже, виконання механічної роботи протяго робочого дня в кількості 1 МДж вимагає суттєвої праці, яка складає всього $5\text{-}10\%$ від сумарної енергетичної цінності продуктів харчування за добу.

Теплота нагрівання

Розрахувати кількість теплоти, що потрібна на нагрівання $m = 1\text{кг}$ води від температури 0 до 100°C ($\Delta t = 100^\circ\text{C} = 100\text{K}$).

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 4,2 \text{ кДж/(кг К)} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 100\text{K} = 420 \text{ кДж} = 0,42 \text{ МДж.}$$

Отже, нагрівання до кипіння навіть відносно невеликої кількості води ($V=1 \text{ л}$) вимагає значної енергії, яка досягається за рахунок теплоти згорання різних видів палива. Враховуючи тепловтрати при нагріванні, за рахунок використання теплоти 1 МДж можна нагріти до кипіння лише $1,5\text{-}2\text{л}$ води.

Теплота згорання палива

Паливо – це речовини, які в результаті згорання дають значний тепловий ефект. Енергетичний ефект від спалювання палива характеризується питомою теплотою його згорання. Щоб обчислити кількість теплоти, яка виділяється під час згорання довільної кількості палива, треба питому теплоту згорання палива помножити на його масу:

$$Q = qm \text{ (Дж/кг).}$$

Питома теплота згорання q характеризує теплотворну здатність речовини. Її числове значення показує, яка кількість теплоти виділяється під час повного згорання 1кг палива (табл.3.1).

Питома теплота згорання деяких видів палива

Паливо	q, кДж/кг	Паливо	q, кДж/кг
Антрацит	30000	Ацетилен	50000
Буре вугілля	12000	Бензин	44000
Дрова (сухі)	12000	Гас	43000
Кам'яне вугілля	25000	Дизпаливо	42000
Порох	5000	Мазут	39000
Сланці	10000	Нафта	45000
Солома	14000	Природний газ	45000
Торф	15000	Пропан	46000
Тротил	15000	Спирт	26000

При згоранні 1кг різних видів палив виділяється теплота в межах 10-40 МДж/кг, що забезпечує отримання значної кількості енергії, яка суттєво перевищує денний еквівалент механічної роботи людини.

Умовне паливо – це паливо, при спалюванні якого виділяється 29300 кДж теплоти.

1 кг умовного палива = 7000 ккал = 29,3 МДж

Теплопровідність

Розрахунки для одношарової стіни

Приклад 1 Розрахувати кількість теплоти, яка передається за рахунок теплопровідності за 1 добу стіною площею $F=10\text{ м}^2$, товщиною $\delta=51\text{ см}$ з повнотілої керамічної цегли, якщо температура назовні $t_3 = -10^\circ\text{C}$, а всередині приміщення $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$.

Визначаємо теплопровідність повнотілої керамічної цегли з довідкової літератури

$\lambda_{ц} = 0,80\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

або орієнтовно розраховуємо за формулою В.П. Некрасова, приймаючи середню густину повнотілої цегли $\rho_{сер}=1800\text{ кг/м}^3$

$d=1800/1000 = 1,8$ (відносна густина)

$\lambda_{ц}=1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16 = 1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot 1,8^2} - 0,16 = 0,83\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Експериментальне визначення теплопровідності цегли та пінопласту

Матеріал	Маса, кг	Об'єм, м ³	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(мК)	
				розрахункова	визначена
Цегла	3,6	0,002	1800	0,83	0,80
Пінопласт	0,18	0,006	30	-	0,05

Визначаємо кількість теплоти Q, виразивши час (1 доба) в секундах

($\tau=1 \cdot 24 \cdot 3600 = 86400\text{ с}$):

$$Q = \frac{\lambda(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau}{\delta} = \frac{0,80 \cdot [20 - (-10)] \cdot 10 \cdot 86400}{0,51} = 41167058\text{ Дж} = 41,2\text{ МДж}$$

Враховуючи, що 1 кВт·год = 3,6 МДж; 1кг ум. палива = 29,3 МДж, визначаємо кількість теплоти в кВт·год та кг ум. палива.

Отже, кількість теплоти, яка передається за 1 добу цегляною стіною площею 10 м² становить

$Q = 41,2\text{ МДж} = 11,4\text{ кВт}\cdot\text{год} = 1,4\text{ кг ум. палива}$.

За 1 місяць – 1236 МДж або 342 кВт год або 42кг ум. палива.

Приклад 2: визначити тепловтрати Q для стіни з суцільної цегли (1,5 цегли) протягом 1 місяця при середній температурі назовні 0°C . Коефіцієнт теплопровідності цегли $\lambda_{\text{ц}}=0,80 \text{ Вт}/(\text{мК})$, товщина стіни 40 см, площа 20 м^2 .

Для оцінки тепловтрат огорожувальною конструкцією також застосовується формула:

$$Q = U \Delta t S \tau / 1000 \text{ [кВт год.]},$$

де τ - час, год.

U - коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Δt – різниця температур, $^{\circ}\text{C}$

S - площа стіни, м^2 .

Розраховуємо термічний опір стіни та коефіцієнт теплопередачі

$$R_{\text{ст}} = 0,40 / 0,80 = 0,50 \text{ (м}^2\text{К}/\text{Вт)}$$

$$U = 1 / (0,50 + 0,17) = 1,50 \text{ [Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \text{]}$$

Тепловтрати протягом 1 години

$$Q_{1 \text{ год}} = 1,50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \cdot 20\text{К} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ год} \cdot / 1000 = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 2,16 \text{ МДж}$$

Тепловтрати протягом 1 доби

$$Q_{1 \text{ доба}} = 1,50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \cdot 20\text{К} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot 24 \text{ год} \cdot / 1000 = 14,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 51,84 \text{ МДж} = 1,76$$

кг ум. палива

Тепловтрати протягом 1 місяця

$$Q_{1 \text{ міс}} = 1,50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \cdot 20\text{К} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot 24 \text{ год} \cdot 30 / 1000 = 432 \text{ кВт} \cdot \text{год} =$$

$$= 1555,2 \text{ МДж} = 1,56 \text{ ГДж} = 52,9 \text{ кг ум. палива або } 43,2 \text{ м}^3 \text{ природного газу}$$

Оцінка вартості опалення в приміщенні для однієї стіни площею 20 м^2 при різних видах палива за 1 місяць (ціни на паливо орієнтовні і можуть зростати):

- природний газ $q = 36 \text{ МДж}/\text{м}^3$, вартість $0,40 \text{ грн.}/\text{м}^3$
вартість обігріву стіни приміщення складає $43,2 \times 0,40 = 17,28 \text{ грн}/\text{міс}$
- тепла енергія з ТЕЦ, вартість 103 грн за 1 Гкал або $24,5/\text{ГДж}$
вартість обігріву стіни приміщення складає $1,56 \times 24,5 = 38,2 \text{ грн}/\text{міс}$
- обігрів приміщення електрокалорифером: вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$ ($3,6 \text{ МДж}$) складає $0,20 \text{ грн.}$
вартість обігріву стіни приміщення складає $432 \times 0,20 = 86,4 \text{ грн}/\text{міс}$

Характерно, що вартість 1 ГДж енергії палива змінюється в широких межах (рис.3.6).

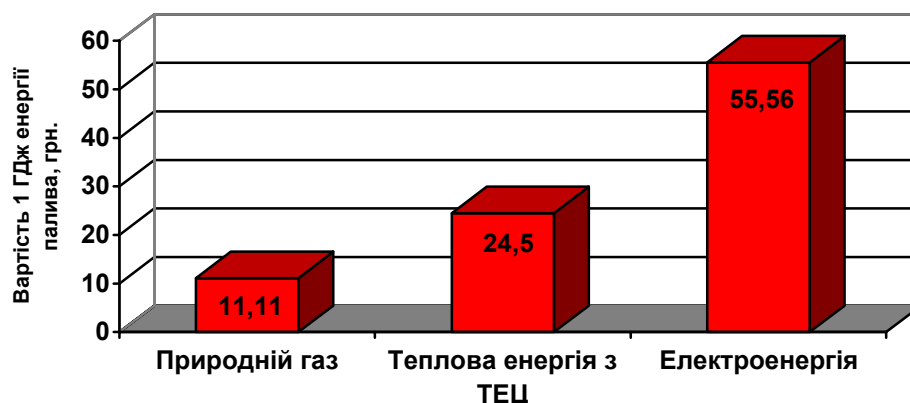


Рис.3.6. Вартість 1 ГДж енергії палива

Звідси видно, що при ціні за природний газ $0,40 \text{ грн}/\text{м}^3$ або 80 USD за 1000 м^3 використання природного газу для опалення з врахуванням високого ККД ($0,70-0,90$) котлів індивідуального опалення є найбільш раціональним.

В той же час, при ціні $200 \text{ USD}/1000 \text{ м}^3$ витрати на опалення зростають в 2,5 рази (відповідно до $27,78 \text{ грн}/\text{ГДж}$). Для населення країн ЄС ціна на природний газ складає $500 \text{ USD}/1000 \text{ м}^3$ (вартість $69,44 \text{ грн}/\text{ГДж}$), тобто на даний час в 6-7 раз вища, ніж в Україні. Ціни

на енергоносії мають тенденцію до подальшого зростання (рис.3.7). Так, вартість електроенергії в Німеччині складає 0,17 EURO або 1,08 грн. за 1 кВт год.

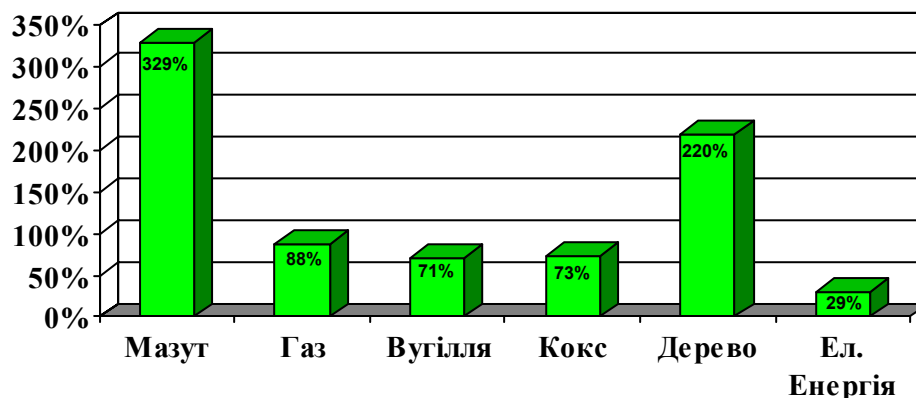


Рис.3.7. Зростання цін на енергію в 1997-2007 роках (Польща)

Для 2-х і 3-х кімнатної квартири загальна площа зовнішніх стін складає в межах 50-80м². При цьому, слід враховувати вікна, термічний опір яких є набагато меншим і коливається в межах 0,2-0,9 м²К/Вт. Отже, орієнтовно вартість обігріву 2-х і 3-х кімнатної квартири складатиме відповідно 60-100 грн. для природного газу, 180-250 грн. для теплової енергії ТЕЦ, 250-350 грн. для електроенергії.

При пониженні середньої температури взимку за місяць до -10...-15°C тепловтрати зростають на 50-75%.

З врахуванням середньої температури повітря за опалювальний сезон на рівні 0°C, кількість градусо-днів за 180 днів складе (18-0)°C×180 днів=3240 градусо-днів, а тепловтрати Q одного квадратного метра стіни за місяць складуть: $Q_{\text{місяць}} = (DD_{\text{місяць}} \times K \times 24) / 1000$. При коефіцієнті теплопередачі 1,5 Вт/(м²К) це дасть величину теплових втрат з 1 м² стіни за місяць:

$$(3240 \times 1,50 \times 24) / 1000 = 116,64 \text{ кВтгод/м}^2 \text{ стіни.}$$

Приклад 3. Визначити товщину одношарової стіни для забезпечення нормативного термічного опору.

Визначаємо термічний опір найбільш поширеної цегляної кладки (2 цегли), порівнюємо його з нормативним значенням $R_n = 2,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

$$R_\delta = \delta / \lambda = 0,51 / 0,80 = 0,64 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} < R_n = 2,5 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$$

Для забезпечення нормативного термічного опору стіни з повнотілої цегли необхідно збільшити її товщину до

$$\delta = R_n \cdot \lambda = 2,5 \cdot 0,80 = 2,0 \text{ м.}$$

Отже, для досягнення нормативного значення $R_n = 2,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ необхідно використовувати:

- ефективні стінові матеріали: блоки Поротерм, ніздрюватий бетон - $\lambda = 0,12 - 0,20 \text{ Вт/(мК)}$
- при використанні повнотілої цегли додатково проводити термомодернізацію теплоізоляційними матеріалами: пінополістирол або мінеральна вата - $\lambda = 0,035 - 0,040 \text{ Вт/(мК)}$

Термічний опір одношарової стіни з блоків «ПОРОТЕРМ ($\delta = 44 \text{ см}$) визначаємо за формулою:

$$R_\delta = \delta / \lambda = 0,44 / 0,17 = 2,59 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$$

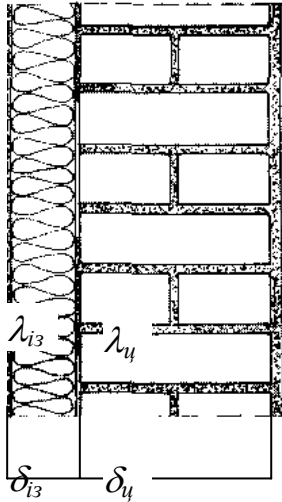
Отже, дана стіна буде відповідати нормативним вимогам $R_n = 2,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

Приклад 4 Розрахувати товщину теплоізоляції з мінеральної вати, яка необхідна для забезпечення термічного опору 2,5 (м²К)/Вт при утепленні стіни товщиною 25см з повнотілої керамічної цегли.

Визначаємо теплопровідність повнотілої керамічної цегли та утеплювача з додатку В

$$\lambda_{ц} = 0,80 \text{ Вт/(мК)},$$

$$\lambda_{із} = 0,04 \text{ Вт/(мК)}.$$



Термічний опір стіни з утеплювачем повинен складати $2,5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

З формули

$$R_{ст} = R_{ц} + R_{із},$$

$$\text{де } R_{із} = \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}, \quad R_{ц} = \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}}$$

$$\text{звідки } R_{із} = R_{ст} - R_{ц} = 2,5 - \frac{0,25}{0,80} = 2,19 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$$

Визначаємо товщину ізоляції з мінеральної вати з формули $R_{із} = \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}$

$$\delta_{із} = R_{із} \cdot \lambda_{із} = 2,19 \cdot 0,04 = 0,088 \text{ м} = 8,8 \text{ см}.$$

Вибираємо товщину теплоізоляції $\delta_{із} = 10 \text{ см}$.

Слід відзначити, що при використанні термічної ізоляції товщиною 5 см термічний опір стіни буде рівним

$$R_{ст} = R_{ц} + R_{із} = \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} = \frac{0,25}{0,80} + \frac{0,05}{0,04} = 1,56 \text{ (м}^2\text{К)/Вт},$$

однак $R_{ст} < R_{н}$, тобто утеплення стіни ізоляційним матеріалом типу пінополістиролу або мінеральної вати товщиною 5 см не задовольняє вимоги діючих стандартів.

Приклад 5 Розрахувати економію енергії на 1 м^2 стіни з повнотілої цегли товщиною 40 см після проведення утеплення пінопластом товщиною 10 см.

Кількість теплоти, що передається за рахунок теплопровідності, розраховується за формулою

$$Q = U \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau / 1000,$$

де Q – кількість тепла, кВт·год; F – площа зразка, м^2 ; τ – час, год; Δt – різниця температур на поверхнях, К; U – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

Для розрахунків приймаємо: площу поверхні стіни $F = 1 \text{ м}^2$, час $\tau = 1$ доба ($\tau = 24$ год.), температура назовні $t_{з} = -10^\circ\text{C}$, а всередині приміщення $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$.

Визначаємо кількість теплоти Q , що втрачається стіною до утеплення:

$$U = 1/R_{заг} = 1/(0,5 + 0,17) = 1,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$Q = 1,5 \cdot 1 \cdot 24 \cdot [(20 - (-10))/1000] = 1,08 \text{ кВт·год} = 3,9 \text{ МДж}$$

після утеплення

$$U = 1/R_{заг} = 1/(0,5 + 2,5 + 0,17) = 1/3,17 = 0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$Q = 0,32 \cdot 1 \cdot 24 \cdot [(20 - (-10))/1000] = 0,23 \text{ кВт·год} = 0,83 \text{ МДж}$$

Економія теплоти при утепленні 1 м^2 цегляної стіни складає за одну добу $\Delta Q = 3,07$ МДж, а за опалювальний період – $\Delta Q = 553 \text{ МДж} = 154 \text{ кВт·год} = 18,9 \text{ кг ум. палива}$.

При площі зовнішньої огорожуючої конструкції $A = 200 \text{ м}^2$ економія умовного палива складає 7555 кг або 7,56 т за опалювальний сезон.

Таким чином, взаємозв'язок теплофізичної науки з проблемами енергозбереження в будівлях розкриває можливості підвищення енергоефективності сучасного житлово-комунального господарства. При цьому, рівень теплового опору зовнішніх огорожуючих конструкцій в значній мірі визначає потрібну потужність системи опалення. Чим вищий рівень теплозахисту будинку, тим менше теплової енергії буде споживатись будинком.

РОЗДІЛ 4

ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

В будівництві під технологією розуміють будівельні роботи на будівельному майданчику, а також виробництво елементів і виробів.

Технологія будівельних робіт – це наука про методи і способи реалізації будівельних процесів в просторі і часі, наприклад, процеси, метою яких є обробка і переробка матеріалів і напіввиробів в готові вироби (продукти), такі як будинки та інженерні будівлі. Технологія – це науковий опис виробничого процесу. Зв'язок між будівництвом і технологічними діями дозволяє одночасно розрахувати кількість спожитої енергії будівництва і його складових елементів (рис.4.1).

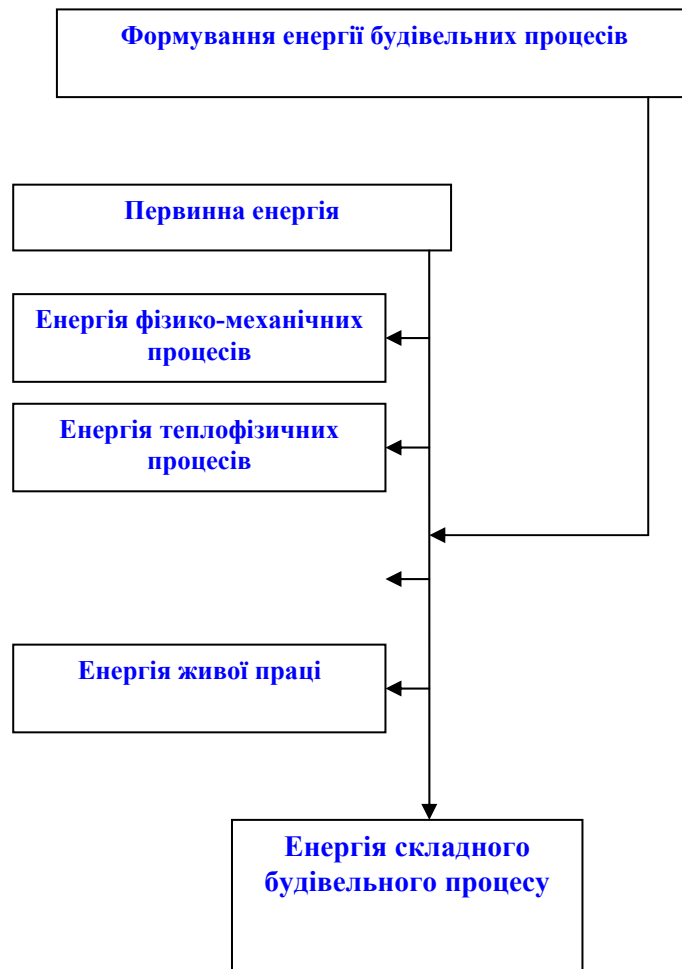


Рис.4.1. Формування енергії будівельних процесів

Розвиток сучасних будівельних технологій у всіх технічно розвинених країнах направлений на розробку ефективних матеріалів, використання яких є економічно доцільним, дозволяє скоротити енергетичні затрати та витрату сировинних ресурсів.

**СХЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



Рис.4.2. Схема екологічної характеристики енергозберігаючих технологій

Згідно концепції енергозберігаючих будівельних технологій, у виробничому процесі, незалежно від одержуваного продукту, в тому числі і будівельної продукції, не уникнути одержання незворотніх відходів матеріалів, енергетичних витрат і затрат часу. Маса спожитої сировини завжди перевищує масу одержаного продукту. Відомо, що ККД машини або механізованого обладнання менший 1, так само ефективне споживання енергії для реалізації технологічного процесу є менше фактичної кількості спожитої енергії. **Минулі дні, години, хвилини втрачаються безповоротно, тому люди завжди намагаються економити час і зменшити тривалість технологічних процесів.** Тому виробнича діяльність суспільства (технологія, транспорт, побут) намагається забезпечити максимальне одержання продукту при мінімальній кількості незворотніх відходів матеріалів, енергетичних втрат і часу і повинна, перед усім, спричинити зміну екологічної ситуації. Екологічна характеристика енергозберігаючих технологій (ЕХЕТ) включає: фактичну кількість використаної сировини (m^3 , кг, Н); кількість спожитої енергії на 1 м^2 поверхні (кВт/м^2); тривалість виробничих процесів (год.); виробництво продукту в результаті реалізації технологічних процесів, матеріальні затрати, енергетичні та витрати часу (рис.4.2). ЕХЕТ завжди менша 3, чим вища ця характеристика, тим досконаліша технологія, організація виробничих процесів і менша шкода для навколишнього середовища. До пріоритетних напрямків слід віднести технології, які базуються на використанні техногенної сировини.

Згідно проведених досліджень, сучасні будівельні матеріали (окрім урахування низьких витрат енергії на їх виготовлення) та технології будівництва на їх основі повинні відповідати наступним вимогам:

- низький коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін,
- теплова інертність стіни (у розрізі енергетичних полів першого та другого роду),
- конструкція стін повинна створювати можливість дифузії водяної пари,
- гідроізоляція повинна виключати ризик зволоження стін та інших елементів будинку,
- мала енергоемність,
- мала вага будинку,
- низька ціна і нескладний спосіб монтажу.

Вартість будівельних матеріалів і виробів складає 50-65% повного обсягу будівельно-монтажних робіт. Вміння оцінювати фізико-технічні властивості та енергоефективність будівельних матеріалів і раціональні області їх використання в будівництві дозволяє провести вибір сучасних матеріалів на базі техніко-економічного аналізу з урахуванням експлуатаційних вимог, зменшення матеріальних та енергетичних затрат.

Шляхом впровадження будівельного енергетичного менеджменту (енергоефективності) фахівці можуть отримувати більш повну картину, з однієї сторони, – енергозатрат при виготовленні будівельних виробів, а, з другої, – споживання енергії в існуючих будівлях, тобто освоюють концепцію енергетичної ефективності.

Підставою для проектування енергоощадних будівельних технологій є моделювання енергоемності будівельних процесів на всіх стадіях реалізації інвестицій. Підвищити енергоощадність будівництва можна також через скорочення обсягів споживання енергії на виробництво будівельних матеріалів (табл.4.1).

Не менш важливими є такі характеристики сучасних будівельних матеріалів, як їхня звукоізоляція, міцність при ударі, легкість та технологічність демонтажу, можливість утримання в чистоті, вологостійкість, вогнестійкість, світловідбивання, стійкість до напружень, що дозволяє широко використовувати їх для зведення внутрішніх стін.

Таблиця 4.1

Витрата енергії на виробництво деяких будівельних матеріалів

Матеріали	Витрата енергії, МДж/т
Вітчизняне виробництво	
портландцемент (мокрый спосіб)	6550
портландцемент (сухий спосіб)	4046
шлакопортландцемент	3080
гіпс будівельний	750
керамзитовий пісок	885
пиломатеріали	1040
будівельний пісок	15
щебінь природній	99
товарний бетон класу В25	820
монолітний залізобетон класу В25 збірний залізобетон	2001
бетонні блоки	2897
цегла	1413
будівельна сталь	2610
	32292
Країни Західної Європи	
пустотілі вироби	1620
ізоляційна цегла	1800
черепиця	1800
силікатна цегла	900
звичайний бетон	900-1080
залізобетон	1620-1800
цемент	3600
вапно	4320
газобетон	2700

Характерно, що споживання енергії на виробництво портландцементу в Україні є майже в 2 рази більшим і складає 6500-7200 МДж/т, оскільки виробництво портландцементу ведеться, переважно, мокрим способом. В світі щорічне виробництво бетону постійно збільшується і в країнах ЄС складає близько 2000кг на одного мешканця. При цьому, на долю цементу приходиться, як правило, 50-70% енергоємності бетону. Тому проблема зниження енергоємності виробництва цементу – це одне з головних завдань цементної промисловості, яка є одним з найбільших споживачів як природної сировини, так і енергії. При річному виробництві портландцементу в Україні в 2005 році на рівні 10 млн. тонн витрата енергії тільки на випал клінкеру складала 65 млн. ГДж або в перерахунку на природній газ – 1,6 млрд. м³. Слід відзначити, що при виробництві цементу утворюються викиди пилу і газу, які у великій кількості потрапляють в атмосферу. У зв'язку з введенням більш жорсткого законодавства з охорони навколишнього середовища, зменшення енергетичних і матеріальних витрат у цементній промисловості в період наростання кліматичних змін і економічної кризи слід розглядати як суттєвий вклад у справу захисту довкілля.

В сучасному будівництві переважає така конструкція зовнішніх стін, в якій розділено функції термічної ізоляції і несучої здатності. Такий розподіл виникає через різні властивості матеріалів:

- матеріали з добрими теплоізоляційними властивостями мають малу міцність (теплоізоляційні матеріали);
- матеріали з високою конструкційною міцністю і щільною структурою добре поведуть тепло, через що погано ізолюють приміщення (стінові матеріали).

СТІНОВІ МАТЕРІАЛИ

Цегла та керамічні камені. Основні властивості цегли та керамічних каменів визначені ДСТУ Б В.2.7-61-97. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. Розміри цегли і каменів представлені на рис.4.1 і в табл.4.2. Цегла може бути повнотілою або порожнистою, а камені – тільки порожнистими. При цьому порожнистими вважаються цегла і камені з об'ємом порожнин більше 13%. Згідно з ДСТУ Б В.2.7-61-97 розширена номенклатура керамічних каменів із порожнистістю до 55%, а в країнах Європи цей показник досягає 80%. Кількість, розміщення і форма порожнин дуже різноманітні. Вони можуть бути наскрізні та ненаскрізні, розташовані перпендикулярно або паралельно постілі.

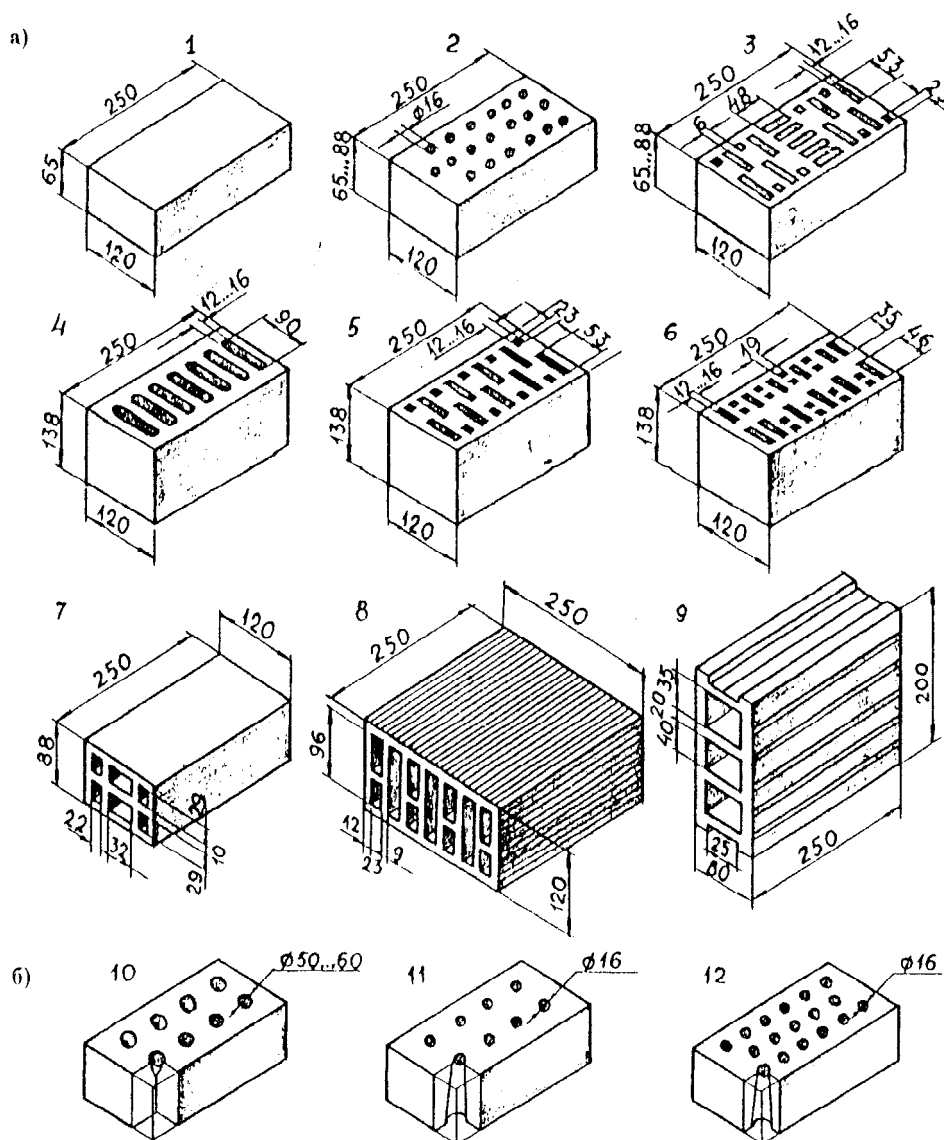


Рис.4.3. Цегла та камені керамічні:

а) пластичного формування ; б) напівсухого пресування:

1 – цегла звичайна; **2** – цегла порожниста з 19 пустотами (порожнистість – 13%); **3** – цегла порожниста з 21 пустотою (порожнистість 34%, 45%); **4** – камінь з 7 пустотами (порожнистість 25%, 33%); **5** – камінь з 18 пустотами (порожнистість – 27%, 36%); **6** – камінь з 28 пустотами (порожнистість – 32%, 42%); **7** – цегла з 6 горизонтальними пустотами; **8** – камінь з 11 горизонтальними пустотами; **9** – камінь з 3 горизонтальними пустотами; **10** – цегла з 8 ненаскрізними отворами (порожнистість – 11%); **11** – цегла з 8 наскрізними отворами (порожнистість – 6%); **12** – цегла з 17 наскрізними отворами (порожнистість – 12,7%).

Застосування порожнистих керамічних виробів дає змогу зменшити товщину зовнішніх стін і знизити матеріаломісткість огорожувальних конструкцій на 20-30%, скоротити транспортні витрати і навантаження на фундамент. Відповідно зменшується і трудомісткість

зведення стін порівняно з повнотілою цеглою. За точністю розмірів і зовнішнім виглядом цегла та керамічні камені мають задовольняти вимогам стандарту ДСТУ Б В.2.7-61-97. Недопал чи перепал цегли і каменів не допускаються. Повнотіла цегла повинна мати водопоглинання не менше, ніж 8% за масою, а порожнисті вироби – не менше як 6%.

За середньою густиною і теплопровідністю у сухому стані цеглу і камені поділяють на три групи:

а) **ефективні**, які поліпшують теплотехнічні властивості стін і дають змогу зменшити їхню товщину порівняно з товщиною стін, виготовлених зі звичайної цегли. До цієї групи належать цегла середньою густиною до 1400 кг/м³ і камені середньою густиною не більше як 1450 кг/м³; теплопровідність цих виробів – не більше 0,46 Вт/(мК);

б) **умовно ефективні** – цегла середньою густиною 1400-1600 кг/м³ і камені середньою густиною 1450-1600 кг/м³; які покращують теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій; теплопровідність виробів цієї групи – від 0,46 до 0,58 Вт/(мК) включно;

Таблиця 4.2

Класифікація стінової кераміки за розмірами

№ з/п	Тип виробу	Номінальні розміри, мм, за			Коефіцієнт перерахунку на умовну цеглу
		довжиною	шириною	товщиною	
1	Цегла звичайних розмірів (умовна)	250	120	65	1,00
2	Цегла потовщена	250	120	88	1,35
3	Цегла модульних розмірів	288	138	63	1,28
4	Цегла модульних розмірів потовщена	288	138	88	1,79
5	Цегла потовщена з горизонтальним розташуванням пустот	250	120	88	1,35
6	Камінь звичайних розмірів	250	120	138	2,12
7	Камінь модульних розмірів	288	138	138	2,81
8	Камінь модульних розмірів укрупнений	288	288	88	3,74
9	Камінь укрупнений	250	250	138	4,42
10	Камінь укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот	250	250	120	3,85

Примітка: Допускається за погодженням зі споживачем випускати вироби з іншими розмірами за умови додержання обов'язкових вимог стандарту.

в) цегла **звичайна** середньою густиною понад 1600 кг/м³ і теплопровідністю більше 0,58 Вт/(мК). Керамічну цеглу залежно від границі міцності при стиску і згині, а камені – тільки при стиску, поділяють на марки 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300. Для цегли і каменів із горизонтальним розташуванням порожнин стандарт передбачає марки 25, 35, 50, 75, 100.

За морозостійкістю керамічну цеглу і камені поділяють на марки F-15, F-25, F-35 та F-50. Значення границь міцності керамічної цегли відповідно до ДСТУ Б В.2.7-61-97 наведено в табл.4.2.

Звичайну повнотілу керамічну цеглу використовують для мурування зовнішніх і внутрішніх стін, виготовлення стінових блоків та панелей, мурування печей і димових труб у

зонах, де температура не перевищує температуру випалювання цегли. Цеглу напівсухого пресування не дозволяється застосовувати для укладання цоколів і фундаментів нижче гідроізоляційного шару. Порожнисту цеглу і камені використовують як і звичайну повнотілу цеглу, за винятком укладання фундаментів, підземних частин стін, печей, димових каналів та стін приміщень з вологим режимом експлуатації.

Таблиця 4.3

Границі міцності керамічної цегли згідно з ДСТУ Б В.2.7-61-97

М арка цегли	Для всіх виробів		Цегла повнотіла пластичного формування		Цегла напівсухого пресування і пустотіла	
	міцність, МПа, не менше ніж					
	на стиск		на згин			
	серед ній з п'яти зразків	найменш ий для одного зразка	серед ній з п'яти зразків	найменш ий для одного зразка	серед ній з п'яти зразків	найменш ий для одного зразка
5 ⁷	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7
00 ¹	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8
25 ¹	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9
50 ¹	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0
75 ¹	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
00 ²	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
50 ²	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
00 ³	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7

Одним з сучасних керамічних матеріалів є керамічні пустотні блоки POROTHERM (рис.4.4). Пустотність блоків POROTHERM складає близько 50%. Наявність щілиноподібних пустот, розташованих спеціальним чином, значно збільшує опір теплопередачі, оскільки повітря володіє найкращими теплоізоляційними властивостями. Густина виробів 735 – 750 кг/м³. Форма бокової поверхні забезпечує виконання позагребеневого стику, який не вимагає використання мурувального розчину, що спрощує процес кладки і покращує теплотехнічні показники стін.

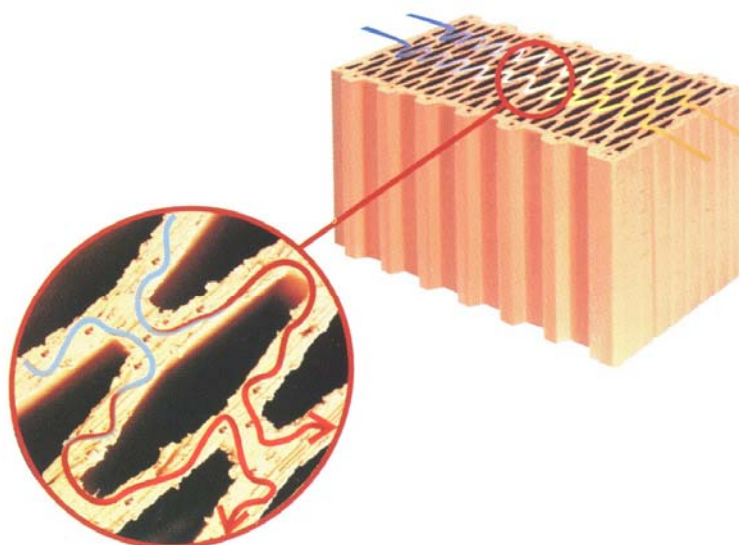


Рис.4.4. Керамічний пустотний блок POROTHERM

- Переваги стіни з блоків POROTHERM (рис.4.5):
- відмінна теплоізоляція: термічний опір 3,44-2,44 м²К/Вт, яка перевищує вимоги норм;
 - висока міцність на стиск (10 МПа), що дозволяє зводити несучі стіни висотою в декілька поверхів;
 - довговічність і вогнестійкість;
 - простота виконання робіт;
 - висока швидкість будівництва;
 - низькі затрати на матеріали і роботи;
 - економія мурувального розчину;
 - мала вага стін – економія на вартості фундаментів;
 - сприятливий мікроклімат і акумулювання тепла.

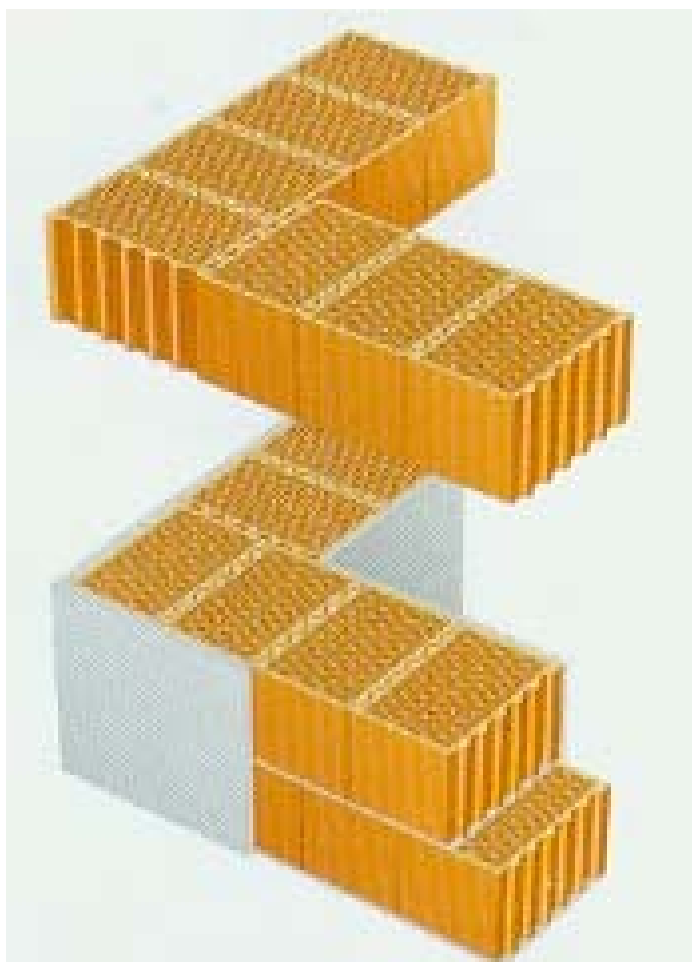


Рис.4.5. Одношарова стіна з блоків POROTHERM

ОДНОШАРОВІ СТІНИ

Назва	Товщина стіни, см	Термічний опір, м ² К/Вт	
		Теплий розчин*	Цементно-піщаний розчин
3			
POROTHERM 50 P+W	50	3,44	2,94
POROTHERM 44 P+W	44	3,22	2,78
POROTHERM 44 P+W	38	2,86	2,44

* - теплоізоляційний розчин $\lambda=0,2$ Вт/мК

ДВОШАРОВІ СТІНИ (утеплювач $\lambda=0,04$ Вт/мК)

Назва	Товщина стіни, см	Термічний опір, м ² К/Вт, при товщині (x) ізоляції			
		6 см	8 см	10 см	12 см
POROTHERM 30 P+W	30+x	2,97	3,47	3,97	4,47
POROTHERM 25 P+W	25+x	2,33	2,83	3,33	3,83

ТРИШАРОВІ СТІНИ
(утеплювач $\lambda=0,04$ Вт/м·К)

Назва	Товщина стіни, см	Термічний опір, $\text{м}^2\text{К/Вт}$, при товщині (х) ізоляції			
		6 см	8 см	10 см	12 см
POROTHERM 30 P+W Клінкерна цегла Terca	30+x+3+12	2,97	3,47	3,97	4,47
POROTHERM 25 P+W Клінкерна цегла Terca	25+x+3+12	2,33	2,83	3,33	3,83

Дрібноштучні силікатні вироби (цегла та камені). Стандартом (ДСТУ Б В.2.7-80-98) передбачено випуск одинарної (250x120x65 мм), потовщеної (250x120x88 мм) силікатної цегли чи порожнистих каменів (250x120x138 мм) (рис.4.6).

За міцністю силікатну цеглу та камені поділяють на марки: М75; М100; М125; М150; М175; М200; М250; М300; при цьому лицьові вироби повинні мати марки: цегла — не менше М125 і камені — не менше М100.

За середньою густиною силікатні вироби поділяють на три групи:

- 1) легкі з середньою густиною не більше 1450 кг/м^3 ;
- 2) полегшені з середньою густиною $1451-1650 \text{ кг/м}^3$;
- 3) важкі з середньою густиною понад 1650 кг/м^3 .

За морозостійкістю силікатну цеглу та камені поділяють на марки F15, F25, F35 і F50; морозостійкість лицьових виробів має бути не нижчою за F25.

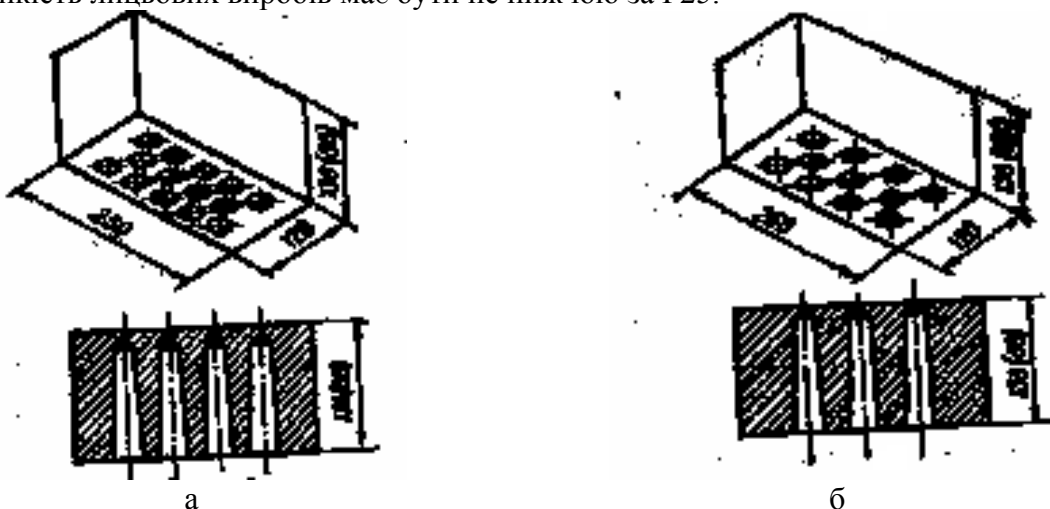


Рис.4.6. Порожністі вироби:

- а — камінь (цеглина) із 14-ма пустотами (пустотність 28-31%, діаметр отворів 30-32 мм);
б — камінь (цеглина) з 11-ма пустотами (пустотність 22-25%, діаметр отворів 27-32 мм)

Водопоглинання цегли та каменів має бути не менш як 6%.

Застосовують силікатну цеглу та камені для зведення кам'яних і армокам'яних конструкцій у надземній частині будівель із нормальним та вологим режимами експлуатації. Не можна застосовувати силікатну цеглу для влаштування фундаментів і цоколів будівель нижче гідроізоляційного шару, які зазнають впливу ґрунтових і стічних вод. Також недопустимо використовувати силікатну цеглу та камені для мурування стін будівель із мокрим режимом експлуатації (лазні, пральні, пропарювальні відділення) без спеціальних заходів захисту стін від зволоження.

Ніздрюваті силікатні вироби (газо-та піносилікати) (ДСТУ Б А. 1.1-41-94) поділяють на теплоізоляційні, середньою густиною до 500 кг/м^3 , що застосовують для утеплення будівельних конструкцій (стін, покриттів), теплових установок (печей, котлів); конструкційно-теплоізоляційні середньою густиною $500-900 \text{ кг/м}^3$, міцністю $2,5-7,5 \text{ МПа}$ — в конструкціях зовнішніх стін у вигляді великих стінових блоків та панелей; конструкційні, середньою густиною $900-1200 \text{ кг/м}^3$, міцністю $7,5-20,0 \text{ МПа}$, які випускають армованими у вигляді панелей перекриттів та покриттів. Вироби з ніздрюватих силікатних бетонів ефективніші, ніж аналогічні за призначенням вироби з легких бетонів на пористих заповнювачах (теплопровідність $0,10-0,45 \text{ Вт/(мК)}$, морозостійкість понад 15 циклів).

З теплоізоляційного піносилікату виготовляють термовкладиші, які використовують для утеплення стін, а також плити, сегменти та короби для ізоляції теплопроводів та інші теплоізоляційні вироби.

Для мурування несучих стін малоповерхових будинків застосовують дрібні офактурені блоки середньою густиною $600-700 \text{ кг/м}^3$ з конструкційно-теплоізоляційного піно та газосилікату. Піно та газосилікат із середньою густиною $900-1100 \text{ кг/м}^3$ і міцністю при стиску $6-10 \text{ МПа}$ застосовують при виготовленні великорозмірних виробів для зовнішніх (ГОСТ 11118) і внутрішніх стін (ГОСТ 19570), перекриттів житлових будинків, перегородок тощо.

Для покриттів промислових споруд застосовують конструкційний піно- та газосилікат при виготовленні армованих прямокутних плит. Такі плити порівняно зі звичайними залізобетонними не потребують теплоізоляції і в той же час достатньо міцні та довговічні. Їх укладають поверх залізобетонних чи металевих прогонів, а зверху вимощують шаром гідроізоляційних рулонних матеріалів.

Одним з провідних виробників ніздрюватого силікатного бетону є фірма YTONG. Одношарові стіни з блоків з ніздрюватого бетону YTONG (рис.4.7) задовольняють вимоги стандартів теплоізоляції будинків. Ніздрюватий силікатний бетон є матеріалом, що дозволяє зводити однорідні зовнішні стіни, який виконує одночасно і несучу, і теплоізоляційну функції.

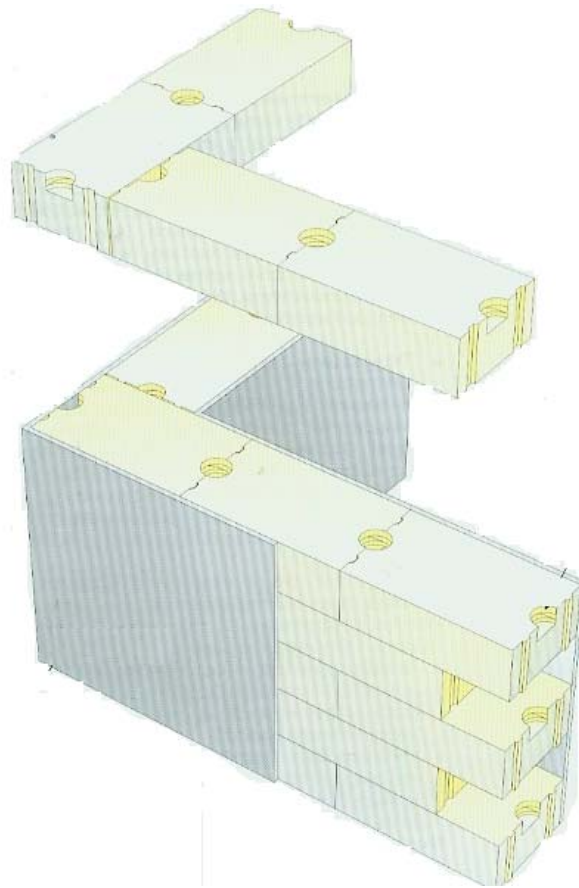


Рис.4.7. Одношарова стіна виконана з блоків з ніздрюватого бетону в системі YTONG

Ніздрюватий бетон – це особливо легкий бетон з великою кількістю (до 85% від загального об'єму бетону) дрібних та середніх повітряних комірок розміром до 1-1,5 мм. Пористість ніздрюватим бетонам надається: а) механічним шляхом, коли тісто, що складається з в'язучого і води, часто з добавкою дрібного піску, змішують з окремо приготованою піною; при затвердінні виходить пористий матеріал, який називається пінобетоном; б) хімічним шляхом, коли у в'язуче вводять спеціальні газоутворюючі добавки; в результаті чого в тісті в'язучої речовини проходить реакція газоутворення, воно спучується і стає пористим. Затверділий матеріал називають газобетоном.

За теплоізоляційними властивостями (за середньою густиною) звичайні пінобетони поділяються на 4 групи:

- теплоізоляційні ($300-500 \text{ кг/м}^3$);
- конструкційно-теплоізоляційні ($600-800 \text{ кг/м}^3$);
- конструкційні ($900-1200 \text{ кг/м}^3$);
- конструкційно-поризовані ($1300-1800 \text{ кг/м}^3$).

До основних переваг використання пінобетону в будівництві можна віднести такі:

- енергоефективність

неавтоклавний пінобетон порівняно з автоклавним пінобетоном або газобетоном дозволяє досягти суттєвої економії електроенергії при його виробництві і експлуатації споруд з його використанням;

- екологічна чистота

нетоксичний, при нагріванні не виділяє шкідливих речовин, що властиво пінопластам та базальтовій ваті; забезпечує сприятливий мікроклімат в приміщенні;

- пожежобезпечність

незаймистий, висока пожежостійкість – зовнішня сторона стіни з пінобетону товщиною 150мм була нагріта до 1200°C , при цьому внутрішня мала температуру 46°C після 5 годин випробування (!);

- високі теплоізоляційні властивості

за рахунок пористої структури має низьку теплопередачу порівняно з такими традиційними будівельними стіновими матеріалами, як звичайний бетон, керамзитобетон, цегла; в більшості випадків не потребує додаткової теплоізоляції;

- високі акустичні (звукоізоляційні) властивості

висока звукопоглинаюча здатність на низьких частотах порівняно з бетоном і цеглою; пінобетон широко застосовується як звукоізоляційний прошарок на плитах перекриття в багатоповерхових житлових і адміністративних будівлях;

- довговічність

пінобетон з часом тільки покращує свої теплоізоляційні і міцнісні характеристики, що пов'язано з його довгим внутрішнім досяганням;

- економічна доцільність

сировинні компоненти недефіцитні, пінобетон неавтоклавного тверднення має суттєві переваги по вартості виробництва і використання над традиційними будівельними матеріалами; неавтоклавний пінобетон порівняно з автоклавним пінобетоном або газобетоном дозволяє суттєво знизити затрати на утеплення підлог, горищ і покрівель будинків; суттєво скоротити терміни будівництва; забезпечує 20-25% зниження експлуатаційних витрат на опалення.

Порівняння основних фізико-механічних показників традиційних будівельних матеріалів з неавтоклавним пінобетоном приведено в табл.4.4.

Таблиця 4.4

Порівняння основних фізико-механічних показників традиційних будівельних матеріалів з неавтоклавним пінобетоном

Показники	Од. вим.	Цегла будівельна		Керамзитобетон	Газобетон	Пінобетон неавтоклавний
		глиняна	силікатна			
Густина	кг/м ³	1600-1800	1800	800-1800	600-800	300-1800
Маса 1 м ² у «півцеглини»	кг	1200-1800	1450-2000	500-900	90-900	90-900
Теплопровідність	Вт/м·°К	0,6-0,95	0,85-1,15	0,75-0,95	0,07-0,38	0,07-0,38
Морозостійкість	цикл	25	25	25	35	35
Водопоглинання	% за масою	12	16	18	20	8-10
Границя міцності при стиску	МПа	2,5-25	5-30	3,5-7,5	0,5-25,0	0,25-12,5

Сфери застосування пінобетону:

- зовнішні стіни;
- теплозвукоізоляція стін;
- внутрішні перестінки;
- теплоізоляція горищ і покрівель;
- теплозвукоізоляція підлог;
- термовкладиші.

Блоки з ніздрюватого бетону конструкційно-теплоізоляційні (рис.4.8) виготовляються згідно ГОСТ 21520-89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия.» і мають наступні технічні характеристики:

Розміри, мм:	
довжина	600 мм
висота	300 мм
товщина	200 мм
Маса 1 блоку в сухому стані	25 кг
Марка за середньою густиною	D700
Теплопровідність в сухому стані	0,15 Вт/м·°C
Клас міцності на стиск	B2 (M25)
Марка за морозостійкістю	F15-F50
Відпускна вологість	< 25 %
Кількість блоків в 1 м ³	28 шт.
Кількість блоків на 1 м ² кладки :	
при товщині кладки 200 мм	5,56 шт.
при товщині кладки 300 мм	8,33 шт.

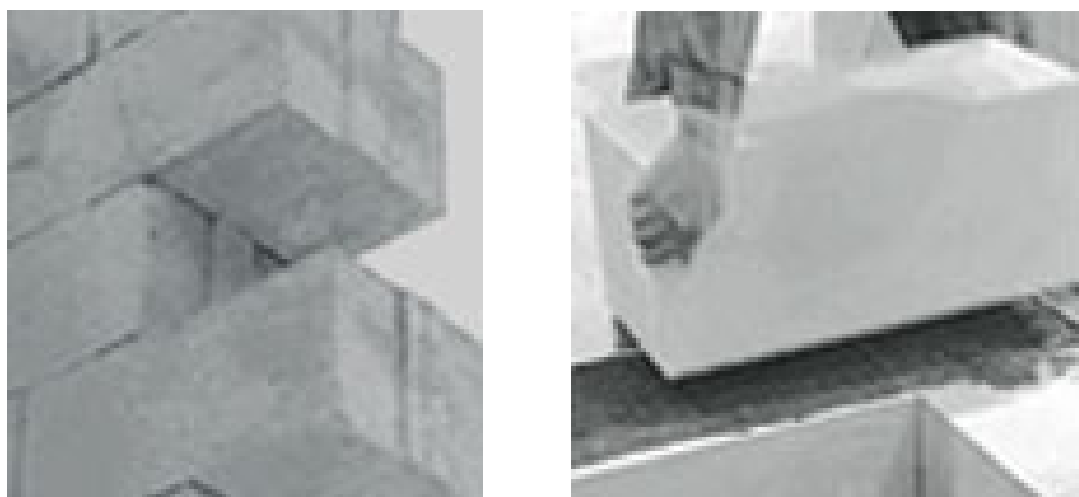


Рис.4.8. Блоки з ніздрюватого бетону

Основні характеристики пінобетону різної густини порівняно зі звичайним бетоном наведено в табл.4.5. Пінобетон є оптимальним матеріалом для застосування в будівництві завдяки тому, що в достатньо великому діапазоні можна змінювати його густину і міцність, а це дуже важливо при вирішенні різних конструктивних задач в будівництві. Порівняльні характеристики різних стінових матеріалів наведено в додатку Е.

Однак, будівництво будівель і споруд з традиційних стінових матеріалів (цегли, керамзитобетонні панелі, шлакоблоки) стало економічно не вигідним, оскільки була потреба збільшення товщини стіни до 1-1,5м.

Слід відзначити, що найбільш екологічним матеріалом природного походження для будівництва житла є деревина. За своїм натуральним біогенетичним та енергетично-польовим наповненням житло з деревини найбільш органічно поєднується з людським організмом, тут найповніше гармонізує житловий простір та довкілля.

Основні характеристики пінобетону різної густини порівняно зі звичайним бетоном

№	Характеристики	Од. вим.	Пінобетон						Звичайний бетон
			400	600	800	1000	1200	1400	
1	Середня густина сухого зразка	кг/м ³	400	600	800	1000	1200	1400	2400
2	Коефіцієнт теплопровідності, (розрахунковий коефіцієнт при умовах експлуатації)	Вт/м·°С	0,13 (0,15)	0,17 (0,26)	0,22 (0,37)	0,29 (0,47)	0,38 (0,54)	0,49 (0,65)	1,86
3	Акустичні характеристики сухого зразка товщиною:	дБ	...	40	42	46	49	51	57
	200 мм		...	42	44	49	52	54	57
	250 мм		...	45	47	52	54	55	58
	300 мм		...	47	49	54	56	57	58
350 мм	...	47	49	54	56	57	58	58	
4	Водопоглинання	%	...	...	8,5	6,6	5,4	3,8	5,0
5	Модуль пружності	ГПа	...	...	...	2,5	4,0	5,5	28
6	Міцність на стиск	кг/см ²	10	21	30	35	63	115	238
	21 доба 28 діб		12	25	35	39	65	119	250
7	Усадка после 90 дн.	%	...	...	0,03	0,03	0,02	0,02	0,015
8	Морозостійкість	цикл	не менше 25						
9	Коефіцієнт рухомості		...	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
10	Коефіцієнт паропроникності	мг/м год. · Па	...	3,0	2,0	1,15	1,0	0,6	0,7
11	Вогнестійкість	год.	5-7						...

Вибір стінових матеріалів для будівництва, передусім, визначається приведеною вартістю одиниці житлової площі, виходячи з умов забезпечення температурних режимів внутрішнього середовища та міцності споруди.

Одним із таких матеріалів є композитний будівельний брус (рис.4.9). Його основою є композитна монолітна маса з деревної стружки, лушпайок рису, соняшника, соломи, льону, хвойних шишок та інших чистих органічних матеріалів.



Рис.4.9. Композитний будівельний брус

У варіанті влаштування зовнішньої стіни будівлі конструкція бруса складається з вітро та вологозахисної панелі, власне композиційного матеріалу та внутрішнього декоративного покриття. Отвори у тілі бруса дають можливість закладати арматуру та виготовляти вертикальні опорні стовпи за умов каркасного багатопверхового будівництва. Такий брус пройшов експертизу на придатність вимогам будівництва, а його конструкція за новизною підтверджена патентом.

Придатність нової розробки для практичного використання підтверджена параметрами, перевіреними на горючість, міцність та теплопровідність. Його вартість є значно нижчою за вартість цегли та інших будівельних матеріалів. За рівнем екологічності житло з нового будівельного бруса посідає друге місце після дерев'яних будинків, а за параметрами звуку та теплопровідності є значно кращим від житла з деревини. Особливістю цього композитного матеріалу є висока пожежостійкість, бо він належить до важкогорючих матеріалів. На основі рецептури композитної маси також розроблені стінові панелі для оздоблення та ізоляції фасадів існуючого житла, а також покриття внутрішніх стін приміщень.

Стінові бруси на основі деревної стружки, лушпайок рису, соломи, льону можна успішно використовувати у будівництві житла, господарських приміщень та у шумозахисних конструкціях. Перевірка їх на протипожежну стійкість, теплопровідність та механічну міцність дала позитивні результати. Композитний брус не підтримує горіння, і згідно з ГОСТ 12.1.044-89 відноситься до групи важкогорючих матеріалів. До цієї ж групи належить цегла. Середня густина композиту складає $700-800 \text{ кг/м}^3$, що є кращим за нормативні значення показника, визначеним стандартом на рівні 1200 кг/м^3 . Показник міцності на стиск для марки М25 фактично становить $2,6-2,8 \text{ МПа}$ ($26-28 \text{ кгс/см}^2$) проти стандартних 25 кгс/см^2 . Важливим для практичного використання композитного бруса є коефіцієнт теплопровідності $0,184 \text{ Вт/мК}$. Для товщини бруса в межах 150 мм середнє значення приведенного термічного опору складає $0,812 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Останні два показники характеризують здатність композитного бруса зберігати тепло, захищати приміщення від холоду, а також свідчать про економічну доцільність. Якщо порівнювати основні експлуатаційні, фізико-механічні та економічні показники композитного бруса з традиційними будівельними матеріалами, то за такими показниками як вартість, теплопровідність, технологічна завершеність, швидкість будівництва він має переваги над іншими традиційними виробами. Зокрема, товщина зовнішніх стін житлової будівлі з такого композитного матеріалу в умовах України має складати $250-300 \text{ мм}$. Об'ємна маса кубічного метра не перевищує $700-800 \text{ кг}$, що, практично, співпадає з деревиною. Відповідно і маса та вартість фундаменту житла будуть меншими. Фізико-технічні параметри композиційного бруса приведені в табл.4.6.

Таблиця 4.6

Фізико-технічні параметри:

Довжина – 900 мм , товщина – $100 - 300 \text{ мм}$, висота – $150 - 200 \text{ мм}$.

№ п/п	Назва показника	Одиниця виміру	Величина	
			нормована	фактична
1	2	3	4	5
1	Міцність на стиск	кгс/см^2	(ГОСТ 19222-84) 25,0	26,7
2	Середня густина	кг/м^3	1200	738.5
3	Клас міцності на стиск	-	В 2,0	В 2,0
4	Коефіцієнт теплопровідності	$\text{Вт/м}^\circ\text{C}$	-	0,184
5	Група горючості матеріалу		п.4.3. ГОСТ 12.1.044-89	Група важкогорючих матеріалів

Значний практичний інтерес представляє також дрібноштучний порожнистий стіновий блок «Унітерм» на основі дрібнозернистого бетону розмірами 390x190x188 мм, який складається з високоміцної бетонної оболонки, заповненої ефективним утеплювачем (рис.4.10).



Рис.4.10. Дрібноштучний порожнистий блок «Унітерм»

Переваги використання: дешевизна, фіксовані розміри, звичайна технологія кладки, містки холоду майже відсутні при кладці на ключовому розчині. Для стіни товщиною 38см приведений термічний опір складає 3,2-3,6 м²К/Вт.

До ефективних сучасних стінових матеріалів відноситься вітчизняна інноваційна розробка – «*плита для теплозвукоізоляційних стінових перегородок*» (Патент від 11.02.2008 року № 30137). Плита виготовлена з екологічно чистих матеріалів (медичний гіпс) має настільки малу вагу, що дозволяє влаштовувати міжкімнатні перегородки навіть по покриттях з дерева. Технічні характеристики зведено в таблицю. 4.7

Конструкційно, перегородка це – армована скловолоконною сіткою моноплита з гіпсу розміром 1030x530мм товщиною 80 або 100 мм. У середині плити теплоізоляційний матеріал (пінополістирол або мінеральна вата). Шумоізоляція забезпечується спеціальною конструкцією та частотозалежними резонаторами з акустичними шунтами. За горючістю матеріал віднесено до групи важкогорючих матеріалів без ознак розповсюдження полум'я.

Таблиця 4.7

Основні конструкційно-технічні параметри стінових перегородок

Розмір плити, мм	Вага, кг		Опір (R) теплопровідності	Шумоізоляція, дб
	плити	кв.м		
1030 x 530 x 80	< 18	< 34	> 1,9	> 46
1030 x 530 x 100	< 18	< 34	> 2,4	> 48

Продуктивність праці при влаштуванні перегородок із зазначених вище матеріалів є у 3-4 рази вищою за традиційні (цегла, гіпсокартон, тощо) варіанти. Серед інших розробок пропонується увазі **теплозвукоізоляційна перегородка підвищеної міцності відрізняється тим, що:**

- для збільшення міцності виробу термоізоляційна вставка загорнута у армуючу сітку по контуру;

- для зручності монтажу та підвищення продуктивності праці виконана у пазогребневому варіанті;
- для розширення діапазону природних властивостей гіпсу щодо дотримання оптимальних режимів вологості у приміщенні, гіпсова оболонка плити виконана за спеціальною технологією із підвищеною пористістю (ніздрюватістю);
- акустичний опір забезпечується спеціальною внутрішньою конструкцією з «акустичними заземленнями» та «герметичними повітряними резонаторами». При цьому, для підвищення акустичного опору конструкції внутрішня поверхня плити:
 - o розбита на складні геометричні площини, кожна з яких має власні частотозалежні «звукозаземлення»
 - o має дрібну ребровану (коморкову) поверхню, що забезпечує більшу площу для ефективної передачі звукової енергії на акустичний демпфер.

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Теплоізоляційними називають будівельні матеріали для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання й трубопроводів. Ці матеріали повинні мати коефіцієнт теплопровідності, не вищий ніж 0,17 Вт/(мК), та середню густину не більш як 500 кг/м³.

Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів витрата палива в 10–11, а трудомісткість у 20–25 разів нижчі порівняно із взаємозамінюваною за тепловим опором кількістю глиняної цегли, а маса готової продукції майже в 20 разів менша.

У той же час за тепловим опором, наприклад, мінераловатний утеплювач товщиною 1см замінює цегляну кладку завтовшки 10-12см, а керамзитобетон – завтовшки 5-7см. Використання теплоізоляційних матеріалів дає змогу виготовляти стінові панелі та конструкції покриттів, що знижує матеріаломісткість та масу будівель.

Світова та вітчизняна будівельна індустрія пропонує сьогодні досить широкий вибір теплоізоляційних матеріалів, кожний з яких має свої технічні характеристики та галузь застосування. Це і пінобетон, і пінопласт, і керамзит, і мінеральна вата, і скловолокно... їх усіх можна класифікувати:

- за призначенням – будівельна та технічна ізоляція (які в свою чергу можуть бути поділені за більш вузькими сферами застосування: для покрівлі, стін, підлоги тощо);
- за формою виконання – у вигляді матів, плит та циліндрів;
- за характером обробки - фольговані, гідрофобізовані, з паперовим покриттям, металевою сіткою, пластиком, склополотном тощо);
- за стійкістю до впливу вогню - негорючі та важкогорючі;
- за щільністю - м'які, напівжорсткі, жорсткі.

Головним показником теплоізоляційних матеріалів є *коефіцієнт теплопровідності* λ , за значенням якого їх поділяють на три класи; клас А — малотеплопровідні [$\lambda < 0,058$ Вт/(мК)]; клас Б — середньотеплопровідні [$\lambda = 0,058...0,116$ Вт/(мК)]; клас В — підвищеної теплопровідності [$\lambda > 0,180$ Вт/(мК)].

Теплоізоляційні матеріали класифікують за середньою густиною, яка дає достатнє наближене уявлення про теплопровідність. За цим показником матеріали поділяють на марки, кг/м³: ОЛ (особливо легкі) — 15, 25, 35, 50, 75, 100; Л (легкі)— 125, 150, 175, 200, 250, 300; Т (важкі) — 400, 450, 500, 600.

Наближеність теплопровідності матеріалу, оцінюваної середньою густиною, пояснюється впливом хімічного складу, молекулярної будови та характеру пористості. За решти незмінних умов теплопровідність матеріалів кристалічної будови вища, ніж аморфної чи мішаної.

Із матеріалів, які мають однакову загальну пористість, вищий опір теплопередаванню чинять ті, в яких пори закриті, сферичні діаметром 0,1...2,0 мм. Повітря, що міститься в таких порах, практично нерухоме й показує найменший з усіх земних матеріалів коефіцієнт

теплопровідності 0,023 Вт/(мК). Якби не створювалися теплоізоляційні матеріали, основне завдання при цьому — наблизитися до наведеного значення.

Крупні, особливо сполучені між собою пори, зумовлюють переміщення повітря, наслідком чого є конвекційне передавання теплоти, тобто по суті повітря перетворюється з теплоізолятора на теплоносій. Звідси мета створення матеріалу — одержати високо й дрібнопористий легкий матеріал. При цьому міжпоровий простір — «каркас» — має утворюватися речовиною аморфною, а не кристалічною.

Пористість теплоізоляційних матеріалів, як правило, вища ніж 50%, а деякі матеріали, наприклад ніздрюваті пластмаси, мають пористість 90...98%.

Водонасичення і особливо замерзання води в порах матеріалу призводить до різкого збільшення теплопровідності, оскільки теплопровідність води приблизно в 25, а льоду в 100 разів вищі, ніж повітря. З цієї причини теплоізоляційний шар потрібно обов'язково захищати від зволоження.

Саме тому до властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог:

- низька теплопровідність ;
- стійкість до коливань температур при експлуатації;
- однорідність властивостей;
- оптимальна густина;
- низький рівень займистості і вибухонебезпечності;
- міцність при транспортуванні і монтажі;
- волого та водостійкість;
- стійкість до атмосферних впливів;
- стійкість до впливу комах;
- хімічна стійкість;
- нешкідливість для людини.

Здатність утримувати повітря – одна з найважливіших характеристик теплоізоляційного матеріалу, так як повітря володіє низькою теплопровідністю. В табл.4.8 містяться дані теплопровідності різних будівельних матеріалів, залежно від їх густини.

Таблиця 4.8

Матеріал	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/мК
Скловолокно	100-150	0,045-0,060
Мінеральна вата	15-300	0,042-0,05
Пінополістирол	10-45	0,038-0,05
Пінополіуретан	20-80	0,036
Деревина	300-900	0,10-0,23
Цегла	980-2000	0,45-0,90
Легкий бетон	300	0,10
	900	0,35
Важкий бетон	1000-1500	0,38-0,60
	2000	1,18
	2400	1,80

Мінеральна вата

Мінеральна вата – це волокнистий матеріал, що отримується з розплавів гірських порід (зокрема базальту), металургійних шлаків та їх сумішей. Провідні світові виробники мінеральної вати як сировину використовують виключно гірські породи, що дає змогу отримувати продукцію вищої якості з тривалим періодом експлуатації. Мінеральна вата, отримана з відходів металургійного виробництва, має багато гірші експлуатаційні властивості, тому її застосування виправдано лише при спорудженні тимчасових будівель та конструкцій. В Україні базальтових порід, необхідних для виробництва базальтової вати, особливо багато в Рівненській області.

Основною властивістю мінеральної вати (як, до речі, й скловати) є негорючість у поєднанні з високою тепло та звукоізолюючою здатністю, стійкістю до температурних деформацій, негігроскопічністю, хімічною та біологічною стійкістю, екологічністю та легкістю виконання монтажних робіт. Вироби з мінеральної вати належать до класу негорючих матеріалів. Вони ефективно протидіють поширенню полум'я й використовуються як протипожежна ізоляція для вогнезахисту. Мінеральні волокна здатні витримувати температуру понад 1000»С, однак зв'язуючий компонент починає руйнуватися вже при температурі 250»С.

Важливим параметром мінераловатних матеріалів є здатність до збереження своїх геометричних розмірів протягом всього періоду експлуатації. Це запобігає утворенню містків холоду на стиках ізоляційних плит.

Мінеральна вата негігроскопічна, вміст вологи у виробі з неї за нормальних умов експлуатації становить 0,5% від об'єму. Щоб мінімізувати водопоглинання, мінеральну вату, як правило, піддають обробці спеціальними водовідштовхуючими розчинами.

Виробам з мінеральної вати притаманна висока паропроникність. Щоб мінімізувати можливість накопичення парів вологи й утворення конденсату, мінераловатний утеплювач має бути захищеним з внутрішньої сторони пароізолюючим бар'єром. З зовнішньої сторони, навпаки, мають бути створені умови для вільного виходу парів (висихання утеплювача). За нормальних умов експлуатації теплозвукоізоляційні та механічні властивості виробів з мінеральної вати зберігаються на своєму початковому рівні протягом кількох десятків років.

Серед знаних у світі виробників мінераловатних матеріалів, які найбільш повно представлені на українському ринку, можна назвати такі компанії, як PAROC (Фінляндія),⁴ ROCKWOOL (Данія), SAINT-GOBAIN ISOVER (Франція, заводи в Польщі та Чехії), IZOMAT (Словаччина). Зокрема, компанія PAROC виготовляє з мінеральної вати теплозвукоізоляційні плити та мати різного призначення. Вони можуть застосовуватися практично в будь-яких системах утеплення огорожувальних конструкцій (TEX-COLOR, HECK, DRYVIT, ALSECCO, BAYOSAN, TERANOVA, PRO TERMO WALL SYSTEM та інших).

На ринку України широкий спектр мінераловатних утеплювачів представляє ISOVER, в тому числі матеріали для утеплення фасадів «контактним методом» (Fascoterm, Orsil) і фасадів, що вентилуються (Polterm, Ventiterm). Широку гаму (понад 40 різновидів) теплоізоляційних матеріалів з базальтових волокон пропонує й ROCKWOOL. Для навісних фасадів рекомендовано використовувати плити PANELROCK, а для стін з тинькуванням - ROCKMUR. Асортимент виробів представлений мінераловатними плитами різної щільності та призначення, рулонними матами для ізоляції трубо і паропроводів, шарклуп для труб, виконаних на замовлення.

Теплоізоляційні матеріали з базальтових волокон поставляє на ринок ряд вітчизняних виробників (зараз їх налічується 8, загальна проектна потужність - до 1 млн. куб.м. умовної вати на рік). Так, ірпінський комбінат «Прогрес» першим в Україні (з 1969 року) розпочав випуск надтонких волокон на основі гірських порід базальту (кам'яна вата БСТВ). Крім цього матеріалу тут виробляються м'які теплоізоляційні плити ПМТБ-2 та мати МТПБ і МПБА. Білицький завод «Теплозвукоізоляція» виробляє мати мінераловатні прошивні будівельні плити жорсткі гідрофобізовані ПЖТЗ-14(19), придатні для утеплення зовнішніх стін. Ірпінський комбінат «Перемога» освоїв виробництво плит теплозвукоізоляційних ПМТБ завтовшки 40 мм. Київський комбінат «Будіндустрія» виготовляє прошиті склониткою мати з шлакобазальтового волокна у склополотні. Конкуренентоспроможну продукцію випускає чернівецький завод теплоізоляційних матеріалів «Ротис». Перелік його продукції складають мати прошивні в обкладці із склотканини та безобкладкові, плити м'які теплоізоляційні ПМТБ-2Б, ПМТБ-2А, мати м'які звукопоглинальні БЗМ, плити жорсткі теплоізоляційні ПЖТЗ. Житомирський завод мінераловатних виробів виготовляє мінераловатні плити гофрованої структури, які призначені для ізоляції будівельних конструкцій та трубопроводів.

Скловата

Окрім теплозвукоізоляційних матеріалів з базальту в будівництві широко застосовують матеріали з скловолокна. Цей матеріал за технологією виробництва та властивостями має багато спільного з мінеральною ватою. Для отримання скловолокна використовується та ж сама сировина, що й для виробництва звичайного скла. Щоправда, для спеціальної теплоізоляції використовується каолінова та кварцова вата, яким притаманна підвищена термостійкість. Волокна скловати зв'язуються за допомогою спеціальної в'язучої речовини (як правило, фенол-формальдегідної смоли), яка надає матеріалу потрібну жорсткість. Вироби з скловати можуть бути вкриті алюмінієвою фольгою, скловолокном, склотканиною, різними нетканими матеріалами тощо. Скловата є більш міцною, пружною та вібростійкою. Вона не боїться вогню й належить до категорії негорючих матеріалів. Разом з тим, термостійкість звичайної (без спеціальних домішок) скловати дещо нижча від базальтової, хоча гранична температура використання волокнистої ізоляції на основі скляної і мінеральної вати обумовлена наявністю синтетичного зв'язуючого і становить 250°C.

Скловатні вироби використовуються поряд з мінераловатними для теплової ізоляції будівельних конструкцій, але окрім цього застосовується для ізоляції холодильного та промислового обладнання, що працює в умовах вібрації, трубопроводів і транспортних засобів. В європейських країнах частка скловолоконних теплоізоляційних матеріалів сягає 65%, однак в Україні вона є дещо нижчою.

Найбільш поширені в Україні утеплювачі зі скловати представлені торговою маркою ISOVER (Фінляндія), що є підрозділом теплоізоляційних матеріалів концерну SAINT-GOBAIN.

\Також добре відомі на українському ринку м'які теплоізоляційні мати із скляного штапельного волокна URSA, що виробляються за технологією німецької фірми PFLEDERER у м.Чудово (Росія). Представником цієї торгової марки в Україні є ВАТ «Флайдер-Чудово».

Має своїх прихильників серед вітчизняних покупців й продукція угорської фірми SALGO-TARJANI.

Скловатні утеплювачі вітчизняними підприємствами не виробляються.

Можливі наслідки для здоров'я при роботі (обробка та обрізання плит) з мінеральною ватою та скловатою: подразнення шкіри і очей, а також легенів, алергія; необхідне додаткове забезпечення (рукавиці). Мінеральна вата має меншу стійкість в умовах підвищеної вологості, тому потрібно запобігати намоканню в процесі роботи, під час складування і монтажу. Крім цього, мінеральна вата містить в якості зв'язки фенолформальдегідні смоли, що спричиняє тривалу емісію в повітря вільного формальдегіду (0,02 мг/м² поверхні плит протягом години).

Пінополістирол

Пінополістирол (інакше - пінопласт) екологічно чистий, нетоксичний тепло та звукоізоляційний матеріал. У будівельній практиці цей матеріал застосовується вже протягом 40 років і зарекомендував себе як найбільш економічний та зручний у роботі утеплювач, якому притаманні високі паро та теплопровідні властивості. Стіна з пінополістиролу завтовшки лише 12 см за своїми теплозберігаючими показниками еквівалентна стіні з дерев'яного бруса завтовшки 50 см, 2-метрової стіні з цегли або 4-метрової стіні з залізобетону. Експлуатаційні витрати на опалення будинку, який утеплений пінополістиролом, втричі менші, ніж на опалення, приміром, цегляного будинку, оскільки зникає потреба прогрівання стін великої маси.

У полістирольну групу утеплювачів входять такі різновиди ізоляційних матеріалів як пінопласт М20-М30, СТИРОДУР, ІЗОФОМ, СТИРО-ФОМ, СТИРІЗОЛ та багато інших. Всі вони відповідають вимогам чинних норм щодо теплозахисних властивостей будівельних матеріалів і межі їх застосування визначаються міркуваннями пожежної безпеки. Пінопласт може використовуватися при утепленні стін «легким мокрим» способом, всередині пустотілої цегляної кладки, а також у навісних вентиляваних фасадах. Пінополістирольні матеріали використовуються й при спорудженні монолітних будинків в опалубці, що не знімається, тобто методом, який отримав назву «термобудинок».

Низькі температури не впливають на фізико-технічні властивості пінополістиролу. Він зберігає свою форму й при тривалому нагріванні до 90°C. Високі теплозахисні властивості матеріалу виключають негативний вплив циклів заморожування-розморожування, які могли б спричинити виникнення тріщин у несучих конструкціях. Це, відповідно, подовжує термін їх експлуатації.

Крім того, зовнішні огорожувальні конструкції з використанням елементів пінополістиролу мають низьку питому вагу, що дає можливість уникнути зайвих витрат на підсилення фундаментів при реконструкції та надбудові існуючих будинків, а також значно заощадити кошти при новому будівництві.

Підприємств, що виробляють пінополістирол, в Україні – 15, їх встановлена потужність - понад 1,8 млн.куб.м на рік. При цьому Житомирський завод силікатних виробів випускає екструзійний пінополістирол, горлівський концерн «Стирол» - плити за пресою технологією. Показники середньої густини та теплопровідності деяких будівельних матеріалів приведено в табл.4.8

Обмеження застосування пінополістиролу

Застосування пінополістиролу обмежує його низька стійкість до дії високих температур. Без додаткового навантаження пінополістирол коротко витримує температуру 100°C, а при механічних навантаженнях довготривала термічна стійкість, яка залежить від густини, складає біля 80°C. При високих температурах токсичність пінополістиролу зростає. Під час згорання пінополістиролу виділяється вуглекислий газ. В зв'язку з цим застосування пінополістирольних плит обмежується для утеплення існуючих будинків до 11 поверхів, а для новозбудованих – на висоту до 25 м. Пінополістирол нестійкий по відношенню до органічних розчинників.

Таблиця 4.9

Показники середньої густини та теплопровідності деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/мК
Залізобетон	2500	1,92-2,04
Керамзитобетон	1800	0,8 - 0,92
Цегла керамічна, звичайна	1800	0,5 - 0,6
Пінополістирол (пінопласт)	40	0,038 - 0,04
Плити мінераловатні:		
ISOVER KL	17	0,041
ISOVER RKL	60	0,03
ISOVER SKL	50	0,031
ISOVER OL-LA	140	0,035
PAROCAL	40	0,035
PAROCSE	40	0,035
PAROCEL	60	0,034
PAROCTL	115	0,032
ROCKWOOL (Rockmin)	29-35	0,038
ROCKWOOL (Panelrock)	70	0,037
ROCKWOOL (Rockton)	45	0,04
ROCKWOOL (Dachrock)	200	0,041
URSA П- 15	13-16	0,046
URSAп-30	26-32	0,038
URSA П-45	38-45	0,038
URSA П-75	66-75	0,037

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ СПУЧЕНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Спучений перліт виробляють подрібненням та наступним випалюванням перліту — гірської породи з групи вулканічних стекл, які містять гідратну воду (3...5%). Швидке нагрівання до 900... 1200°C розм'якшує подрібнену породу, вода при цьому переходить у пару й спучує зерна, збільшуючи об'єм у 5—10 разів. Пористість зерен становить 80...90%.

Насипна густина спученого перлітового піску залежно від родовища становить 75...250 кг/м³, а щебеню — до 500 кг/м³. Коефіцієнт теплопровідності 0,046...0,80 Вт/(мК) при 25 °С.

На основі спученого перлітового піску створюють різні композиційні матеріали для теплової ізоляції залежно від зв'язуючої речовини: на бітумній зв'язці — бітумперліт, на керамічній — керамоперліт, на рідкому склі — склоперліт, на синтетичній зв'язці — пластперліт, на гіпсі — гіпсоперліт. Ці композиції застосовують для виготовлення теплоізоляційних виробів — плит, шкаралуп, цегли, сегменту. Цільове призначення матеріалу залежить від температури стійкості зв'язуючої речовини: від 60 °С для гіпсоперліту до 900 °С для керамоперліту.

Спучений перліт використовують як легкий заповнювач для теплоізоляційних штукатурок та легких бетонів. Спучені перлітові піски та щебінь можна використовувати як теплоізоляційну засипку з робочою температурою до 800°С, але при цьому слід враховувати, що спучений перліт добре поглинає воду і важко віддає її.

Спучений вермикуліт виготовляють подрібненням і наступним прискореним випилюванням природної гідрослюди (гідратований біотит), яка містить зв'язану воду між пластинками слюди. Швидке пароутворення при нагріванні спучує пакети пластинок у 15—20 разів порівняно з початковим об'ємом зерна.

Насипна густина спученого вермикуліту при крупності зерен 15... 20 мм становить 80... 150 кг/м³, а в піску зростає до 400 кг/м³, коефіцієнт теплопровідності 0,048...0,100 Вт/(мК) при температурі 100°С, а при температурі до 400°С збільшується і становить 0,14... 0,18 Вт/(мК).

Застосовують спучений вермикуліт як ефективну теплоізоляційну засипку при робочій температурі до 1100°С, а також як основу для виготовлення теплоізоляційних виробів на різних зв'язках.

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПАНЕЛЬНОГО УТЕПЛЕННЯ

Сьогодні на ринку панельних систем утеплення представлено дві вітчизняні розробки : перший - це добре відомий на ринку спосіб теплошумоізоляції існуючих стін будинків «екотемп» (Патент від 15.09.2004 року № 2983) призначений переважно для проведення внутрішнього утеплення будівель та промисловий спосіб термореновації стін будівель (Патент від 10.07.2007 року № 24671) орієнтований на зовнішнє утеплення перш за все житлових будівель перших масових серій (так званих хрущовок).

В основі обох пропозицій *теплошумоізоляційна панель* (Патент від 17.03.2003 року № 1708), виготовлена за спеціальною технологією (Патенти від 15.10.2004 року № 3139 та від 15.12.2004 №3809).

Технологія монтажу панелей для утеплення зовнішніх стін

Для кріплення теплошумоізоляційних панелей «Екотемп» до стіни використовується плиточний клей поліпласт 12. Роботи по монтажу панелей необхідно проводити при мінімальній добовій температурі не менше +5 С⁰, з дотриманням температурних та інших обмежень виробників клеючих сумішей .

Рекомендовані клеї :

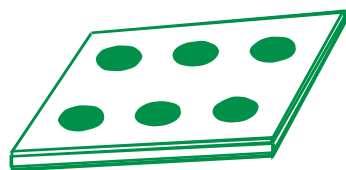
- Плитоточний клей поліпласт 12 .

Для з'єднання панелей між собою(паз-шип) використовується фасадний клей Ферозіт

Панелі монтуються на цегляну кладку, бетонні блоки.

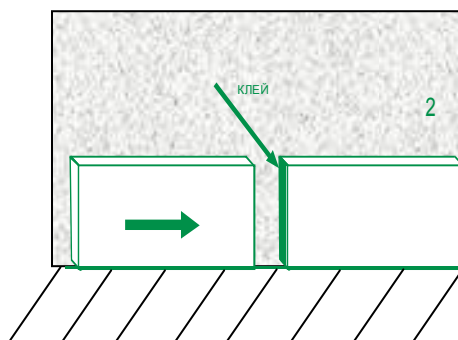
При утепленні існуючих стін з штукатуркою, що погано тримається необхідно збити її до цегли. Після того як штукатурка збита, поверхня обробляється дротяною щіткою та ґрунтуються.

Панель для утеплення стін має гладку лицеву сторону та сторону з шорховатою поверхнею для нанесення клею. На плиту наносяться шість шишок плиточного клею діаметром не менше 12 см, з тим щоб загальна площа контакту клею з плитою та стіною після монтажу становила не менше 40% площі плити.

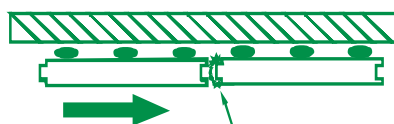


1

При монтажі другої плити на її поверхню наноситься плиточний клей при цьому в паз або шип попередньої плити рівномірно по всій поверхні наноситься клей для швів шаром від 3 до 5 мм. Друга плита монтується на відстані 1-0.5 см. від попередньої і плавно входить в паз змонтованої плити.



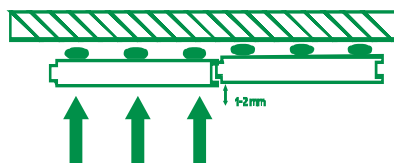
При цьому важливо не «втопити до стіни» плиту яка монтується глибше за попередню. Для цього плита яка монтується спочатку вставляється в паз на 1-2 мм. далі від стіни ніж попередня.(паз має більші розміри ніж шип) Після цього плиту вдавлюють на необхідну глибину, та перевіряють рівність поверхні за допомогою водяного рівня.



А)

3

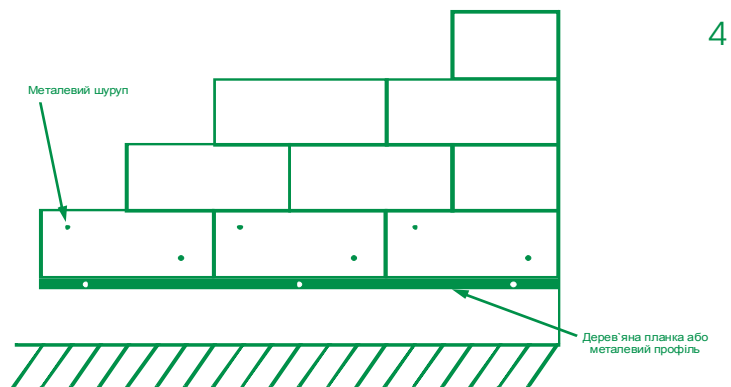
(клей Ферозіт 109)



Б)

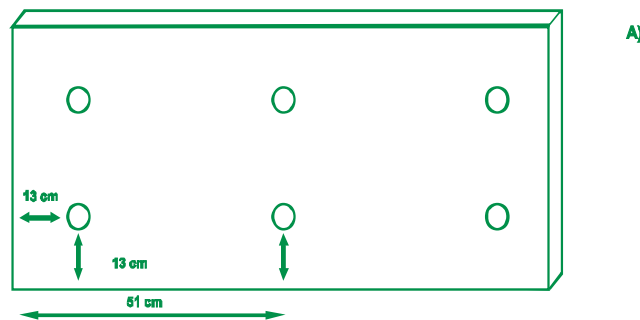
Коли паз входить в шип з шва виходять надлишки клею яким за допомогою шпателя зашпакльовується шов. Після фіксації плити не повинні мати місце перепади поверхні на швах.

При утепленні фасаду для спрощення монтажу першого ряду можна використовувати швелер або дерев'яну планку закріплену під водяний рівень за допомогою дюбелів (швелер має містити вентиляційні отвори).



При утепленні фасаду плити додатково (механічне кріплення) кріпляться до стіни розпірними дюбелями для ударної посадки в відведені для цього місця на плиті з розрахунку 6 дюбелів на плиту.

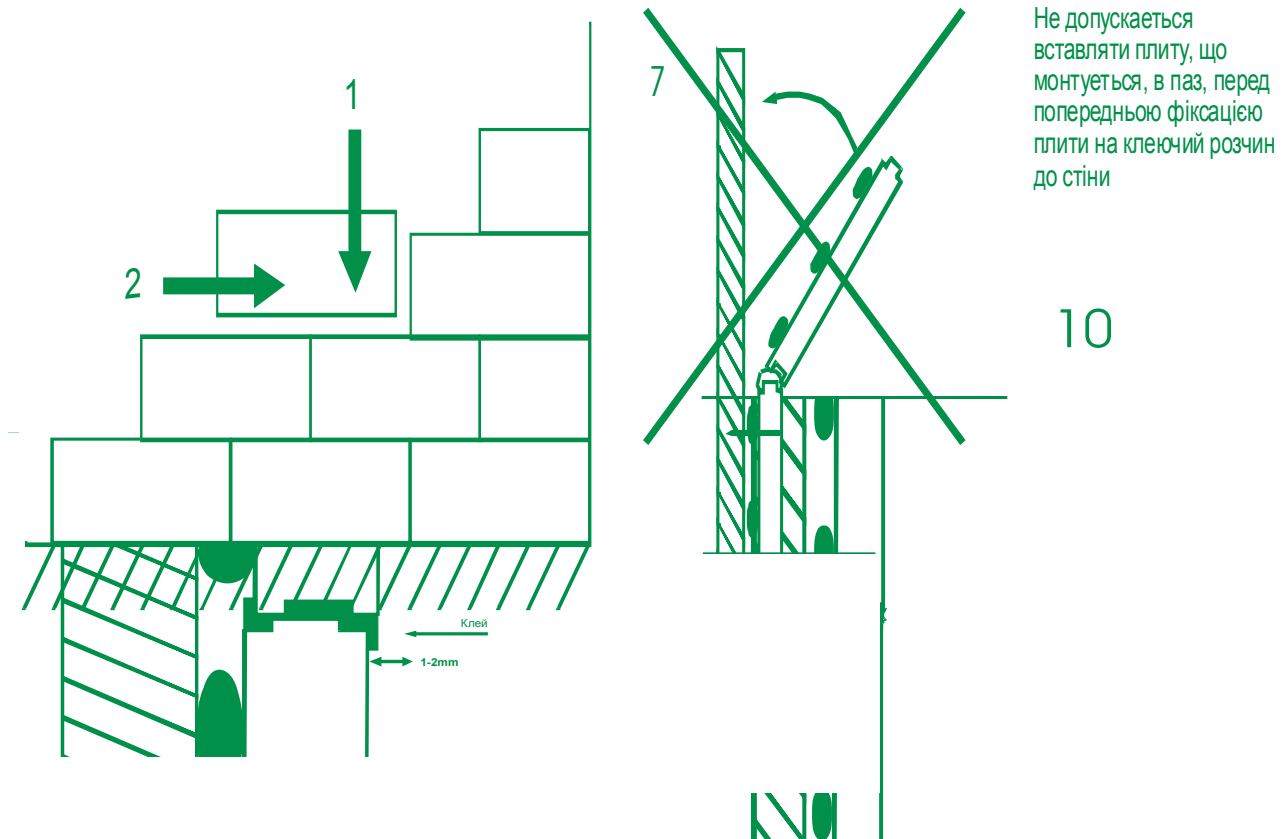
5



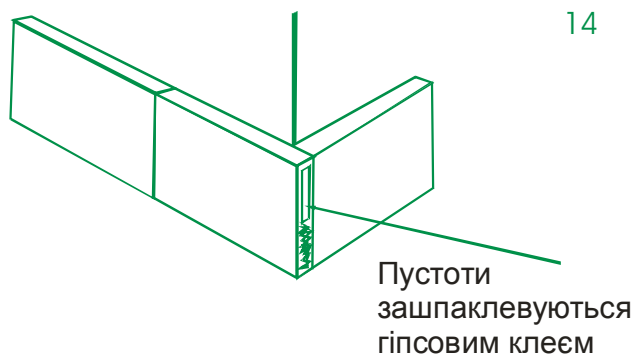
Місця під дюбеля позначені на лицевій поверхні плити

В місцях для шурупів робиться засверлювання та забивається дюбель, який має увійти в стіну мінімум на 5 см., (дюбель втоплюється в плиту на 2-3 мм.) після чого місця засверлювання дюбелів зашпакльовується клеєм ферозіт 109 . Механічне кріплення дюбелями проводиться не раніше ніж через 2 дні після монтажу панелей до стіни.

Після стабілізації першого ряду, наступні ряди монтуються в «шаховому» порядку. На плиту другого ряду наноситься плиточний клей, а в паз та шип закріплених плит наноситься клей для швів. Плита кріпиться до стіни на відстані 1-0.5 см від змонтованих плит та спочатку опускається на шип плити нижнього ряду а потім входить в паз сусідньої плити.



Коли на куті залишається відрізана плита то на розрізі з середини плити вибирається 2 см. пінопласту та зашпакльовується клеєм ферозіт 109. При виведенні кутів застосовується перфорований металевий кутник з армуючою сіткою. Зазначене є обов'язковим елементом конструкції.



При утепленні фасаду або приміщень з підвищеною вологістю після завершення монтажу панелі ґрунтуються силіконовим ґрунтом. Після висихання ґрунту наноситься ґрунт в кольорі та після його висихання фасад готовий для декоративного оздоблення.

Фасадні роботи необхідно проводити при мінімальній добовій температурі не менше $+5\text{ C}^0$. До завершення робіт непроґрунтовані панелі та місця можливого затікання води між стіною та змонтованими панелями мають бути захищені від намокання.

Після завершення монтажу панелей на стіну та висихання клеючих сумішей (час висихання залежить від температури та вологості повітря), вони готові для оздоблювальних робіт.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ СУЧАСНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Цегла керамічна	Високоєфективні сучасні стінові матеріали
$\rho=1400-1800 \text{ кг/м}^3$	СЕРЕДНЯ ГУСТИНА $\rho=400-700 \text{ кг/м}^3$
25x12x6,5 см	РОЗМІРИ 24x24x40 см
2,5-3,5 кг	МАСА 15-20 кг
700-900 кг	МАСА 1 м² СТІНИ 200-350 кг
	Маса стіни в 3,5-4 рази менша

Транспортні затрати при використанні керамічної цегли в **2,5-3 рази вищі**, ніж при використанні сучасних стінових матеріалів

Трудоємність зведення стіни з керамічної цегли в **3-4 рази вища**, ніж з сучасних стінових матеріалів

$\lambda=0,5-0,8 \text{ Вт/(м.К)}$	ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ $\lambda=0,12-0,20 \text{ Вт/(м.К)}$
------------------------------------	---

ТЕРМІЧНИЙ ОПІР СТІНИ ТОВЩИНОЮ 50 СМ
на основі сучасних стінових матеріалів
в 4 рази вищий

Для забезпечення нормативного термічного опору ($R=2,8 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$) стіною з керамічної цегли ($R=0,6-1,0 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$) необхідно проводити її утеплення теплоізоляційним матеріалом з $\lambda=0,04 \text{ Вт/(м.К)}$, товщиною 10 см.

Вартість утеплення 200-250 грн/м².

Загальна вартість стінових матеріалів буде складати 500-600 грн/м²

Використання високоєфективних сучасних стінових матеріалів забезпечує термічний опір стіни $R=2,5-4,0 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ без додаткового утеплення.

Вартість матеріалів на влаштування 1 м² кладки

Цегла керамічна + Термоізоляція 500-600 грн	Високоєфективні сучасні стінові матеріали 160-200 грн
---	--

З вище наведеного витікає, що крім експлуатаційної енергоємності (кошти обігрівання) важливе значення при розрахунку вартості будівництва також має енергоємність, пов'язана з виробництвом будівельних матеріалів, їх транспортуванням та працею на будівельному майданчику. При цьому вага будівельних матеріалів є також важливим чинником в процесі аналізу коштів будівництва. Наприклад, індивідуальний будинок з мурованими стінами і площею 140-200 м² важить 500-700 т (маса стін 550-700 кг/м², маса перекриття 300-400 кг/м²), в той час як маса аналогічного будинку з енергоощадних блоків складає 150-250 т. Ціна будівництва також понижується завдяки зниженню вартості робіт нульового циклу (в тому числі за рахунок обмеження об'єму необхідних земляних робіт і вкладеного бетону), а також використання технологій, що не вимагають наявності висококваліфікованих працівників. Для здешевлення будівельних технологій використовують виробы, що не потребують спеціалізованого обладнання для монтажу і які можна доставити за допомогою звичайних транспортних засобів.

РОЗДІЛ 5

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДИНКІВ – ОСНОВНИЙ РЕЗЕРВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Наші будинки – головні споживачі енергії, на них витрачається понад 40% всієї енергії, що споживається в Європі та Північній Америці, причому основна доля припадає на системи опалення та охолодження. Потенціал енергозбереження величезний і практично ще не задіяний. В той же час, технологія енергозбереження повністю реальна, доступна та доцільна, крім цього вона дозволяє покращити якість життя.

Характерно, що кожен рік тільки в країнах ЄС втрачається 270 млрд євро (або понад 600 євро на особу) тільки тому, що під час реконструкції наших будинків ми не доводимо їх до сучасних енергетичних стандартів. Враховуючи динаміку росту цін на енергоносії, кожен інвестований євро обертається 11-кратним прибутком. Якщо не вживати ніяких заходів, то викиди вуглекислого газу в Європі зростатимуть на 400 млн тонн за рік (це більше, ніж визначено Кіотським протоколом), при цьому регіон позбавляється 530 тисяч додаткових робочих місць.

Сучасна технологія енергоефективного будівництва дозволяє зекономити до 90% енергії, що витрачається на опалення. Новий будинок може простояти 100 років і більше. Існуючі будинки модернізуються тільки раз на 30 років, тобто всього 3-4 рази за період свого існування. Тому рішення про термомодернізацію буде мати довгостроковий економічний та екологічний ефекти в майбутньому.

З позицій **стратегії сталого розвитку** для раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів та підвищення енергозбереження в житлово-комунальному секторі України необхідне відповідне економічне обґрунтування та розробка сучасної науково-нормативної бази проектування енергоефективних будинків і термомодернізації існуючого житлового фонду.

Тому досить цінним є досвід наших сусідів, які на сьогодні досягли помітних успіхів у цьому напрямку. Так, Європейський парламент і Рада Європейського Союзу в 1990-х роках розробили ряд директив (законів) для стандартизації в країнах ЄС будівельних норм, метою яких було підвищення енергоефективності будинків (далі ЕєБд). Основною мотивацією розробки цих директив стало підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів цих країн.

Нафтопродукти, природний газ і тверді горючі копалини є не тільки важливими джерелами енергії, а й найбільш суттєвими джерелами виділення диоксиду вуглецю, про що вже згадувалось вище. Управління ЕєБд визнається дуже важливим інструментом, що впливає на глобальний енергетичний ринок і на безпеку постачання енергії в цих країн у найближчій та довготривалій перспективах.

Перший закон такого роду — Директива 93/76/ЄС від 13 вересня 1993 року щодо обмеження викидів двоокису вуглецю шляхом покращення енергетичної ефективності — був успішно реалізований, хоча й мав рекомендаційний характер. Тому Європейський парламент і Рада ЄС в лютому 2000 року прийняли Рішення 647/2000/ЄС про багаторічну (з 1998 по 2002 роки) програму сприяння енергетичній ефективності. Було підкреслено, що програма повинна бути відкритою для участі в ній центрально і східноєвропейських країн. Рішення 647/2000/ЄС стимулювало розробку принципово нових норм щодо ЕєБд в Німеччині, Франції, Нідерландах та інших країнах. Та оскільки ініціатором розробки програми була Німеччина, то нові німецькі норми ЕпЕУ-2002 (Постанова ЕпЕУ про енергозберігаючий тепловий захист і енергозберігаюче опалювальне устаткування будинку) викликають найбільший інтерес.

Головна мета нових норм — суттєве зниження обсягів споживання первинної енергії в будівлях (до 30%) порівняно з раніше чинними нормами. В цих нормах заходи з енергозбереження в опалювальних системах і системах теплопостачання прирівнюються до заходів зі збереження енергії за допомогою теплового захисту будинків.

Другий закон — Директива 2002/91/ЄС щодо енергетичної ефективності будівель, — прийнятий у грудні 2002 року, набув чинності в січні 2003 року. Ця директива вводить

принцип повної енергетичної ефективності та встановлює спільні цілі й принципи стосовно ЕєБд до держав-членів ЄС. Зрозуміло, що детальне виконання цих принципів буде здійснюватись кожною з держав на національному і регіональному рівнях з урахуванням конкретної ситуації. Директива зобов'язує країни-члени ЄС застосовувати загальні принципи методології обчислення ЕєБд, що враховують: теплотехнічні характеристики будівлі, опалювальні установки й системи гарячого водопостачання, механічну вентиляцію, освітлювальну апаратуру, орієнтацію будівлі, кліматичні параметри, пасивні системи використання сонячної радіації, сонцезахист, природну вентиляцію, параметри внутрішнього мікроклімату. Мета нової директиви — допомога в уніфікації національних нормативів і процедур, що стосуються енергоспоживання будівель, оскільки існуюча ситуація в європейських країнах досить «розмаїта».

Щодо Росії, то від 1994 року НДІ будівельної фізики Російської академії архітектурно-будівельних наук спільно з Держбудом РФ та декількома організаціями розробляли, проводили апробацію та впроваджували нові підходи в нормуванні будівель з ефективним використанням енергії. Початково в 1992-1993 років була розроблена нова ідеологія нормування будівель з енергетичних позицій, потім — розроблені й затверджені в 1994 році перші територіальні норми для Москви. В 1995 році у федеральні норми з будівельної теплотехніки внесено принципові зміни. В 1996 році НДІБФ спільно з рядом організацій вперше розробив, а Держбуд РФ затвердив стандарт (ГОСТ 30494-96) по параметрах внутрішнього мікроклімату житлових і громадських будівель, що забезпечують для людей комфортний мікроклімат.

В період з 1998 по 2005 НДІБФ сумісно з регіональними спеціалістами розробили і впровадили в 50-ти регіонах РФ територіальні будівельні норми з енергозбереження в будівлях. Водночас у 1998-1999 роках була розроблена і затверджена нова редакція енергозберігаючих норм для Москви (МГСН 2.01-99). Новий федеральний СНиП 31-02-01 «Будинки житлові одноквартирні», розроблений у 2001 році також з участю НДІБФ, містив як альтернативу нормативні вимоги до питомого енергоспоживання для малоповерхових будівель. В цей же період НДІБФ розробив затверджений Держбудом РФ комплекс із трьох стандартів з енергетичного аудиту експлуатованих будівель (ГОСТ 311-66-03, ГОСТ 31167-03, ГОСТ 31168-03). І, нарешті, на основі набутого в регіонах досвіду РФ НДІБФ з участю ряду організацій розробив, і Держбуд РФ у 2003 році затвердив новий СНиП 23-02-04 «Тепловий захист будівель» і відповідний йому «Свод» правил СП 23-101-04 «Проектування теплового захисту будівель», а також новий СНиП 31-01-03 «Будівлі жилі багатоквартирні» з розділом «Енергоефективність». В результаті створено нове покоління системи нормативних документів для проектування та експлуатації будівель зі зниженим споживанням енергії.

Новий СНиП 23-02-04 «Тепловий захист будівель» є ядром цієї системи. За закладеними в його основу принципами це зовсім новий документ — як за структурою і сферою застосування, так і за критеріями теплозахисту, що ним встановлюються, методами контролю, характером і рівнем енергоаудиту, узгодженістю з європейськими стандартами.

Таким чином будівельна індустрія вказаних держав має непоганий інструментарій нормативної літератури для проведення ефективної енергозберігаючої політики. В цьому переконає отриманий економічний ефект від впровадження в життя нових норм і контроль за їх виконанням. Так, у 2001-2005 роках в Росії збудовано 185,7 млн м² житлових будинків. Розрахунковий сумарний енергозберігаючий ефект за паливом склав приблизно 240 ПДж (8,6 млн т умовного палива в вугільному еквіваленті), що також сприяло сумарному зниженню викидів парникових газів в об'ємі 16,4 млн т.

З метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків та споруд в Україні введено ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель». Ці Норми встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд і порядку їх розрахунку. Положення Норм мають використовуватися при проектуванні будинків і споруд, що опалюються, у разі нового будівництва, реконструкції й капітального ремонту (термомодернізації), при складанні

енергетичного паспорту, визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів для опалення будинків розрахунково-аналітичним методом, проведенні енергетичного обстеження будівель та споруд.

Згідно ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» прийняті наступні визначення:

Термореновація – комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на відновлення до проектного рівня теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будинків, втрачених у процесі кліматичної деструкції матеріалів.

Термомодернізація – комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності сучасним нормам.

Термореконструкція – комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та інженерного устаткування з метою забезпечення вимог з енергоефективності будинку.

Коефіцієнт паропроникності – визначає кількість вологи, що передається у вигляді пари через одиницю площі (м) шару матеріалу в одиницю часу (год.) при одиничному градієнті перепаду парціальних тисків водяної пари (1 Па/м), (μ мг/м год Па).

Опір теплопередачі – величина, зворотна коефіцієнту теплопередачі.

Основне поле конструкції – масив огорожувальної конструкції, що визначає її опір теплопередачі.

Теплопровідне включення – ділянка огорожувальної конструкції, що розташована паралельно напрямку теплового потоку, з теплопровідністю що перевищує теплопровідність матеріалу основного поля більш ніж на 20 %.

Термічна неоднорідність – наявність зон на внутрішній поверхні конструкції з температурами, відмінними від температур основного поля більш ніж на 2°C.

Термічно однорідна огорожувальна конструкція – одношарова чи багатошарова огорожувальна конструкція, що не має у своєму перетині теплопровідних включень.

Термічно неоднорідна огорожувальна конструкція – огорожувальна конструкція, що має у своєму перетині теплопровідні включення, що приводять до термічної неоднорідності.

Багатошарова огорожувальна конструкція – огорожувальна конструкція, що складається по своєму перетині з шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються одне від одного більш ніж на 20%.

Розрахункові умови експлуатації – температура і вологість матеріалу, що визначають перенос тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях.

Питоме енергоспоживання ($\text{МДж/м}^2\text{К}$) – кількість теплової й електричної енергії, необхідної для підтримки комфортних температурних умов у приміщеннях будинків у розрахунковому режимі опалювання.

Термомодернізація в галузі зовнішніх конструкцій охоплює такі питання:

- утеплення дахів-покрівель або покрівель піддашся;
- утеплення зовнішніх стін, а також стін, що розділяють приміщення, в яких різна внутрішня температура;
- утеплення покрівель над підвалами або над проїздами;
- утеплення підлоги на ґрунті та стін, що стикаються з ґрунтом;
- ущільнення віконних елементів, у тому числі реставрація або заміна столярних елементів, встановлення додаткового скла, зменшення поверхні заскіння, монтаж екранів за радіаторами.

Ефективність термореставрації тим більша, чим гіршою є теплоізоляція зовнішніх конструкцій. Для житлових будинків, особливо тих, які побудовані з готових елементів, з огляду на приховані технологічні недоліки систем, термомодернізація зовнішніх конструкцій є основним методом скорочення теплових втрат. Однак, слід зауважити, що термомодернізаційні заходи не можуть бути відірваними від пристосування інсталяцій та

систем опалення до нових параметрів попиту на тепло, а також від питань, пов'язаних економічною рентабельністю інвестицій.

Гранична вартість E_0 сезонного показника попиту на тепло (кінцеву енергію) для опалювання житлових будинків протягом стандартного сезону опалювання :

$$E_0 = 29 \text{ Квт} / (\text{m}^3 \times \text{a}) \text{ при } A / V = 0,20$$

$$E_0 = 26,6 + 12A/V \text{ Квт}/(\text{m}^3 \times \text{a}) \text{ при } 0,20 < A/V < 0,90$$

$$E_0 = 29 \text{ Квт} / (\text{m}^3 \times \text{a}) \text{ при } A / V = 0,$$

де A – загальна поверхня, через яку проходять всі втрати тепла будинку, V – опалювана кубатура будинку.

Наприклад, у приміщеннях перегрітих повністю або частково, після проведення їх утеплення, будемо спостерігати збільшення витрат енергії, зате в приміщеннях недогрітих, саме лише погодне регулювання може спричинити те, що температура буде нижчою від тієї, яку бажають мешканці, з огляду на великі втрати через зовнішні конструкції. Кожному заходу, спрямованому на енергетичні заощадження, повинен передувати ґрунтовний аналіз, що виконується шляхом енергетичних досліджень.



Рис.5.1. Втрати тепла будинком

На рис.5.1 представлено схему втрат тепла будинком взимку та проникнення літньої спеки. Величина енерговитрат залежить від багатьох чинників: від величини поверхні, матеріалу і конструкції огорож (стін, стель, даху), наявності підвалів, цокольної частини, мансарди, конструкції і матеріалів окремих елементів (вікон, дверей, пристрою системи вентиляції), площі всіх цих компонентів, якості виконання елементів будівлі і споруди в цілому. Тільки через зовнішні стіни втрати і проникнення тепла можуть скласти 30-40% або навіть і 50-65% -- якщо йдеться про будинки перших масових серій. До них додаються теплові потоки тепла через дах, цокольну частину будівлі, стіни підвалів. Значні потоки тепла через вікна, двері, комини, вентиляційні системи, досконалість виконання яких також визначається ефективністю конструкцій, вибором матеріалу і якістю виготовлення і, відповідно, енерговитрат.

Та все ж основні теплові потоки — через зовнішні огорожуючі конструкції. Їх величина напряму пов'язана або з показником питомого термічного опору матеріалу, з якого виконані огорожуючі конструкції (бетон, цеглина, дерево і т.д.), або, при комбінованій конструкції огорожень, з сумарним термоопором, підрахованим по відомих рівняннях теплопередачі.

Слід відзначити, що такі потоки (рис.5.2) будуть меншими там, де, за інших рівних умов, сумарний коефіцієнт теплопровідності матеріалу огорожень або комбінації матеріалів (при однаковій загальній товщині огороження) матиме меншу величину. Цей коефіцієнт визначає термоопір матеріалу і характеризується кількістю тепла, що проходить через даний матеріал в одиницю часу. Розрахунки теплопередачі через огороження різних конструкцій підтверджують ці положення. Так, значення величини теплопередачі неутепленої стіни,

виконаної з силікатної цегли, складає $1,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Величина її при використанні теплоізоляції, в якій утеплювачем служить пінополістирольна плита ПСБ-С-25 товщиною 100 мм, знизиться до $0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, тобто в 5,2 рази. Відповідно скоротяться і втрати тепла.

Ще більший ефект досягається при комплексному вирішенні питання теплозахисту будівлі — вживання систем утеплення в поєднанні з енергоефективними системами віконних і дверних блоків і раціональними системами опалювання і рекупераційної вентиляції.

Системи ізоляції

Підвищення теплозахисних якостей стінових огорожуючих конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень, діючих на даний час. Це досягається утепленням теплоізоляційними матеріалами, які повинні захищатися від зовнішніх впливів декоративно-захисним шаром, здатним при необхідності зберегти або покращити архітектурно-художній вигляд споруди. Конкретний варіант влаштування теплозахисту встановлюється на основі аналізу всіх можливих способів його розташування з врахуванням переваг та недоліків.

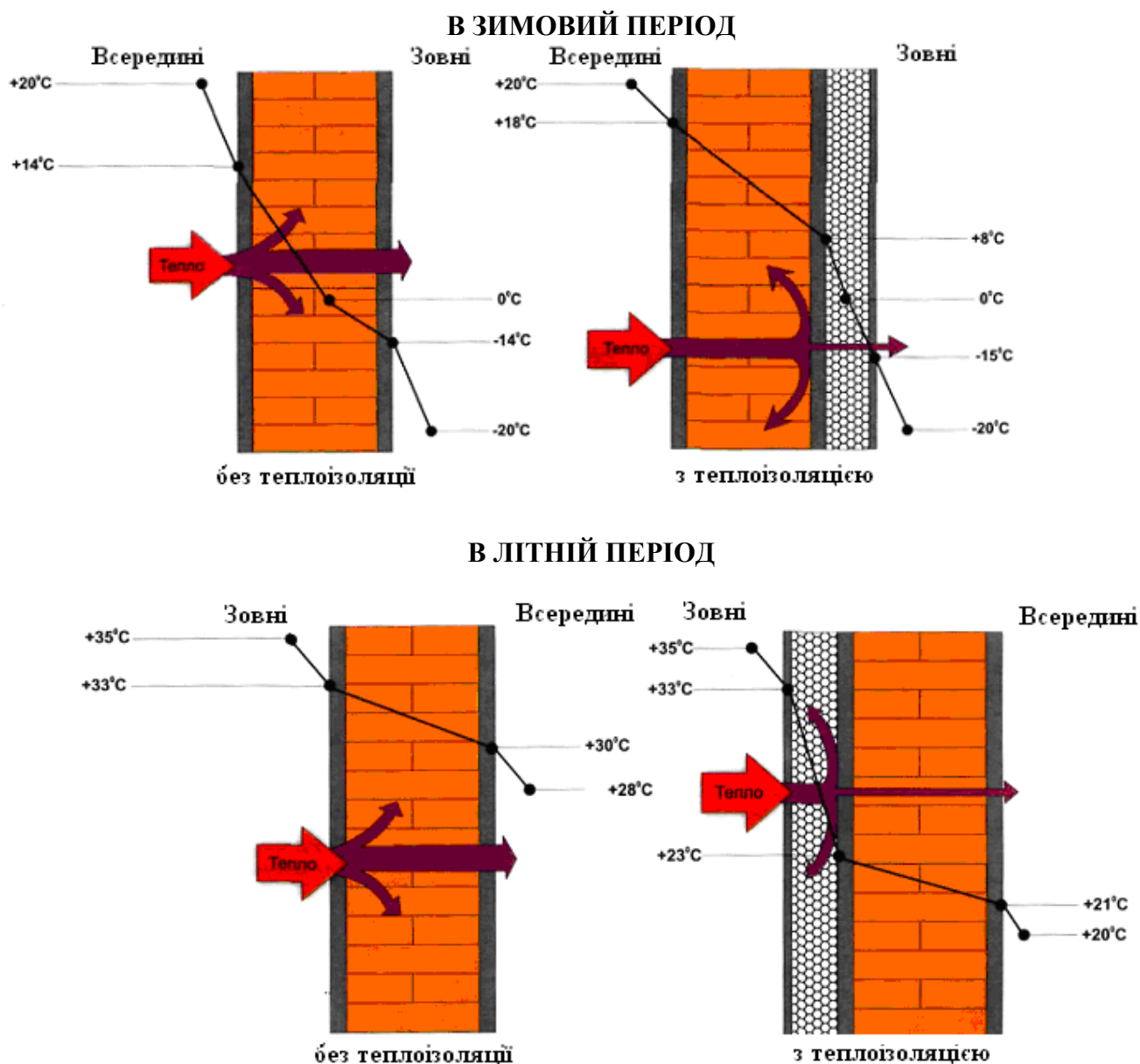


Рис.5.2. Схема розподілу теплових потоків в стінах різних конструкцій

Існує 5 основних методів теплоізоляції зовнішніх огорожуючих конструкцій. Всі ці методи можна використовувати також і при ремонті будівель (теплоізоляції споруд, зведених

раніше, без врахування застосування енергозберігаючих технологій).

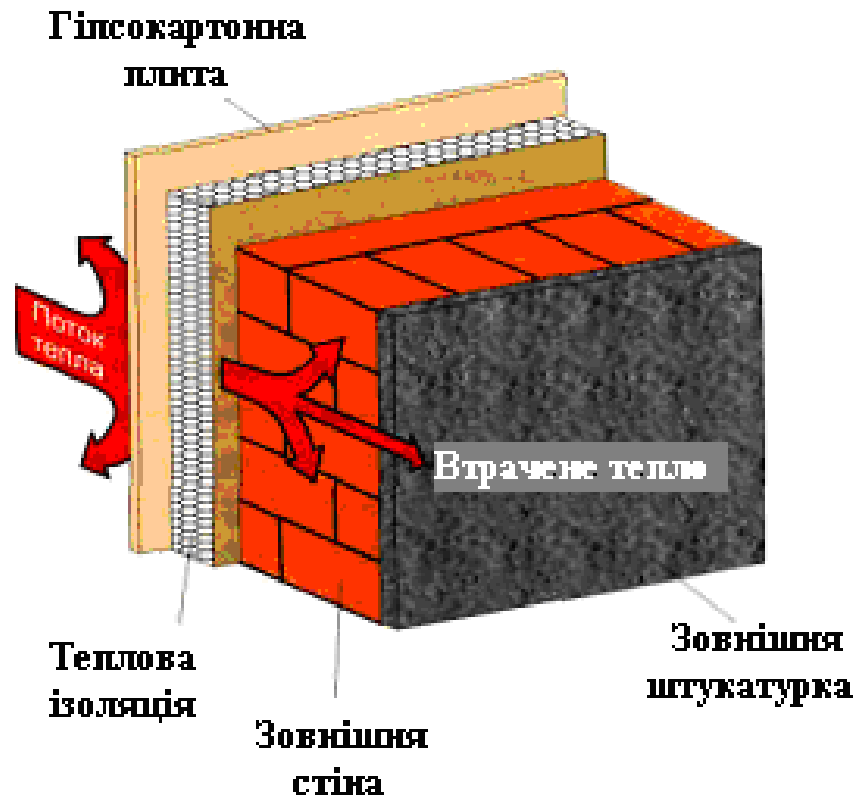


Рис.5.3. Розподіл теплових потоків при внутрішній теплоізоляції приміщення.

В першому випадку (рис.5.3), при використанні *внутрішньої теплоізоляції*, яка іноді застосовується вимушено, бо сусіди по будинку не дбають про енергоощадність і не дозволяють проводити роботи у комплексі, система утеплення влаштована на внутрішній поверхні захисної конструкції (стіни).

Таке влаштування теплоізоляції має наступні переваги:

- теплоізоляційний матеріал, який не має достатньої здатності до опору дії навколишнього середовища, знаходиться в сприятливих умовах, і не потребує додаткового захисту;
- проведення робіт по влаштуванню теплозахисту може відбуватися в будь-яку пору року незалежно від способу кріплення. При цьому не потрібно застосовувати дорогі засоби підмоцування.
- Утеплення зсередини єдиний спосіб зменшення рівня негативного біоенергетичного впливу приміщення на особу.

До недоліків розташування теплозахисту зі сторони приміщення відносяться:

- зменшення площі приміщення за рахунок збільшення товщини стіни;
- необхідність влаштування, для запобігання випадання конденсату, додаткового теплозахисту¹ в місцях опирання на стіни плит перекриття і в місцях примикання до зовнішніх стін внутрішніх стін та перегородок. В місцях стику утворюються термічні містки (містки холоду) (рис.5.4) — місця крізь які тепло йде практично без перешкод. Таке розповсюдження ізоляції може викликати постійну вологість матеріалів огороження стіни (залізобетон, цегла і т.п.) і, як наслідок, додаткове зниження ефекту теплоізоляції з відповідними неприємними наслідками: поява цвілі, грибка, руйнування штукатурки;
- необхідність захисту теплоізоляційного матеріалу і стіни від зволоження шляхом влаштування пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом;
- розташування матеріалу стіни, який добре акумулює тепло (наприклад, цегляна кладка), в

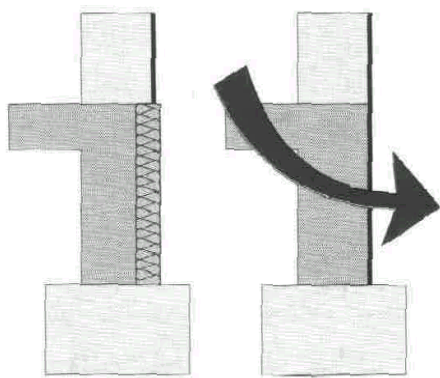
¹ На вирішення цієї проблеми у 2008 розроблено спеціальну дешеву, ефективну і просту систему «ліквідації містків холоду при внутрішньому утепленні».

зоні низьких температур, що знижує теплову інерцію зовнішнього огороження;

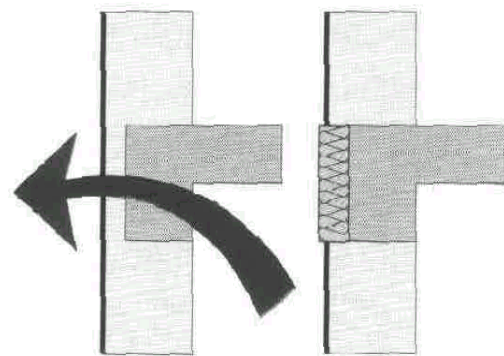
- неможливість захистити стики крупно панельних будинків від протікання;
- складність влаштування теплоізоляції в місцях розташування приладів опалення, а також в межах товщини підлоги.

Після технічного вирішення проблем «містків холоду» даний спосіб утеплення можливо застосовувати практично у всіх випадках, коли обов'язкове збереження первинного вигляду фасаду, наприклад, пам'ятників архітектури, коли не має практичної можливості для комплексного (з двох сторін) утеплення, коли необхідно підвищити комфорт приміщення і знизити загальний рівень біоенергетичного впливу приміщення на особу (малі діти, похилий вік, тощо). При цьому слід ретельно перевірити тепловологісні показники конструкції огороження і проаналізувати всі можливі негативні наслідки прийнятого способу утеплення.

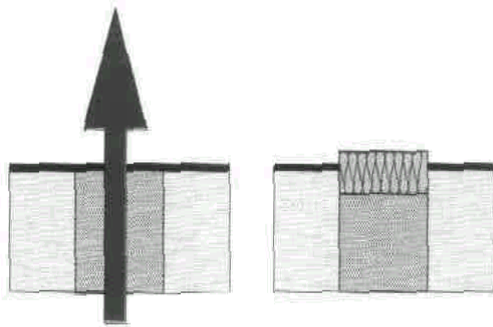
Другий метод (рис.5.5) полягає в штукатуренні зовнішньої поверхні стіни **спеціальною теплоізоляційною («теплою») штукатуркою** на основі пористих сипких заповнювачів (перліт і ін.).



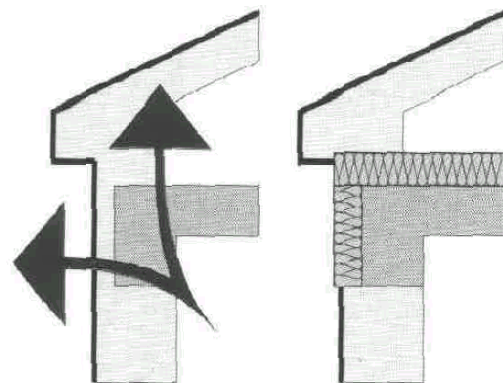
утеплення цоколю в будинку з підлогою на ґрунті



утеплення плити перекриття при зовнішній стіні



утеплення термічного містка в конструкційному стовпі залізобетонному



утеплення плити перекриття при зовнішній стіні і на горищі

Рис.5.4. Місця появи термічних містків у будинку

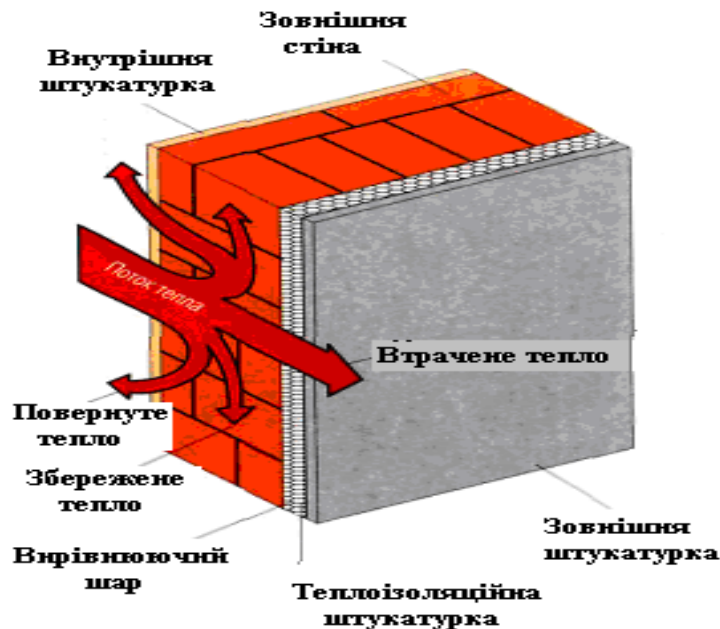


Рис.5.5. Схема теплових потоків при обробці фасаду теплоізоляційною штукатуркою

Оскільки товщину такого штукатурного шару не можна збільшувати довільно, ізоляційний ефект виходить меншим, ніж у разі використання типового ізоляційного матеріалу. Таким чином, і втрати тепла скрізь стіни залишаються достатньо високими. Різновидом подібного варіанту можна рахувати влаштування зовнішньої кладки з блоків, виготовлених з (або) добавкою матеріалів зниженої теплопровідності (піногазобетон, перліт, ізорпор і т.п.). Будівництво будинків подібної конструкції потребує ретельного порівняльного конструктивного і економічного опрацювання, а також оцінки, з погляду взаємозалежності міцнісних і теплофізичних характеристик, застосовуваних для облицювання матеріалів.

Третій метод (рис.5.6) — **вентильованих фасадів** з використанням теплоізоляційних і навісних оздоблюваних плит (панелей) — значно міняє і покращує зовнішній вигляд фасаду будівель.

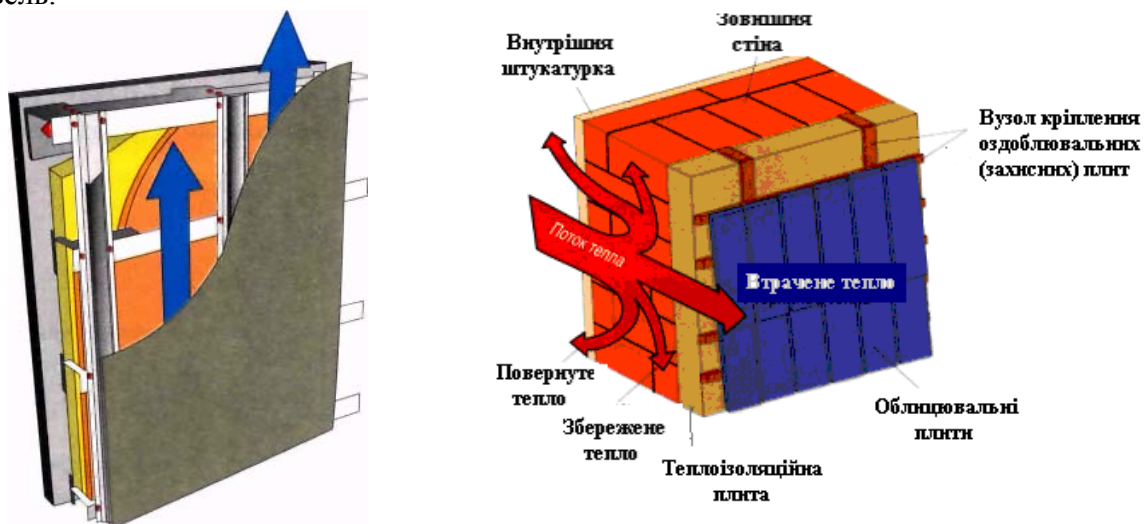


Схема влаштування

Розподіл теплових потоків у конструкції

Рис.5.6. Система теплоізоляції з влаштуванням вентильованих фасадів

В даному випадку ізоляційний шар вкладається між вертикальними і горизонтальними рейками — профілями, прикріпленими до зовнішньої стіни будівлі. В свою чергу, до них кріпляться захисно-декоративні плити або панелі, що захищають ізоляцію від атмосферних опадів, і декоруючі фасади. Метод трудомісткий і дорогий, до того ж вимагає використання спеціально виготовлених захисних декоративних плит (панелей), які вітчизняною промисловістю поки що не випускаються.

Четвертий метод. Фасадна система скріпленої теплоізоляції (рис.5.7), що складається з штукатурних складів, кріпильних елементів спеціальної конструкції, сталеві зварної гарячеоцинкованої сітки і мінеральної теплоізоляції.

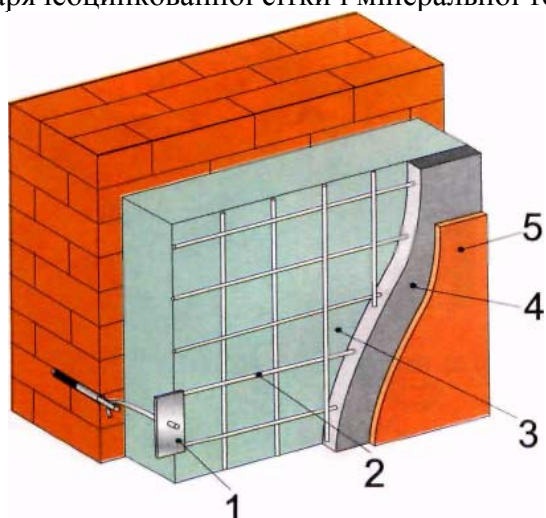


Рис.5.7. Система влаштування фасаду системи скріпленої теплоізоляції:

- 1 – кріплення; 2 - штукатурна сітка;
- 3 - мінераловатна теплоізоляція;
- 4 - ґрунтуючий і вирівнюючий розчин; 5 - кольорові обробні склади

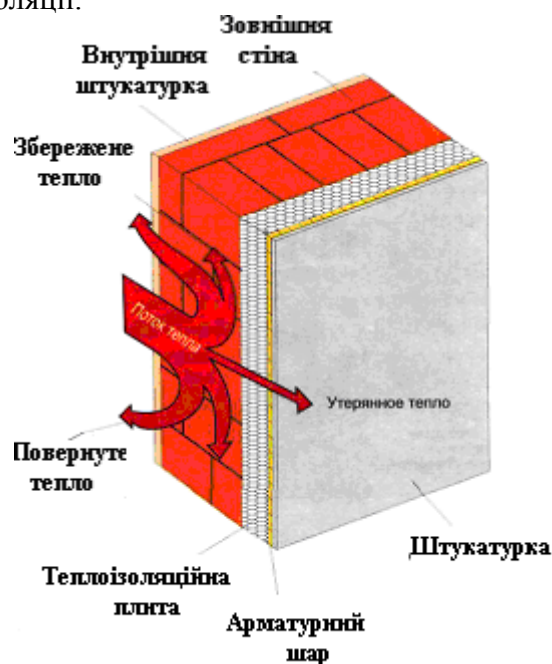


Рис.5.8. Схема теплових потоків при влаштуванні зовнішньої системи скріплюючої теплоізоляції

Розташування теплозахисту з зовнішньої сторони стіни володіє наступними перевагами:

- створення термооболонки, яка виключає утворення «містків холоду»;
- виключення необхідності влаштування пароізоляційного шару;
- можливість захищати стики крупно панельних будинків від протікання;
- створення нового архітектурно-художнього вигляду будинку;
- можливість одночасно з влаштуванням теплоізоляції справляти дефекти стіни;
- розташування матеріалу стіни, який добре акумулює тепло, в зоні позитивних температур. Це підвищує теплову інерцію огороження, сприяє покращенню його теплозахисних якостей при нестаціонарній теплопередачі, а також збереженню наступних переваг високих теплоакуючих якостей стіни: коливання рівня тепловіддачі систем опалення, які працюють в певному режимі, майже не відображаються на температурі повітря всередині приміщення; короточасні притоки холодного повітря не приводять відразу до охолодження приміщення; температурні коливання зовнішнього повітря відображаються на внутрішньому кліматі приміщення не дуже суттєво;
- при влаштуванні теплоізоляції з зовнішньої сторони стіни не зменшується площа приміщення;
- відсутні незручності, пов'язані з влаштуванням теплоізоляції в місцях розташування приладів опалення і в межах товщини підлоги.

Суттєвими недоліками цього варіанту є необхідність влаштування по теплоізоляції надійного захисного шару, а також використання при виконанні робіт дорогих засобів підмоцнення.

Порівняно з розглянутими варіантами систем утеплення переваги системи скріпленої теплоізоляції будівлі очевидні: простота, ефективність, універсальність і доступність використовуваних в конструкції систем елементів, різноманітність варіантів оформлення, техніко-економічна привабливість, надійність і стабільність в експлуатації, непорушність «квадратури» внутрішніх приміщень.

П'ятий метод. Системи панельного утеплення, на прикладі системи ЕКОТЕМП Патент України UA №2983: система утеплення існуючих стін будинків, яка забезпечує можливість виняткового комфорту за рахунок кардинальних змін у технології проведення утеплення приміщень будь-якого технологічного призначення. В основі пропозиції — виготовлена за спеціальною технологією теплошумоізоляційна панель, що є невід'ємним конструкційним елементом системи утеплення.

Вагомою перевагою пропозиції є можливість її застосування як ззовні, так і зсередини приміщення. Враховуючи екологосанітарну нейтральність та технологічність, плита може використовуватись для цілей утеплення і шумоізоляції не тільки офісних, побутових та житлових приміщень, але і приміщень із спеціальними умовами експлуатації.

Порівнюючи з існуючою на сьогодні пошаровою системою проведення робіт, яка має 10 операцій, пропонується система утеплення ЕКОТЕМП (у найпростішому варіанті) вимагає лише операції кріплення панелі до стіни, чого є достатньо, якщо надалі наклеюватимуться шпалери або при використанні панелей з відкритим декором.

На практиці традиційна технологія це велика кількість різного роду компонентів (клеї, замазки, розчини), у тому числі, з агресивними характеристиками, значні терміни виконання робіт з достатньо високими вимогами до кваліфікації виконавців (від чого у значній мірі залежить якість робіт) та відповідною вартістю. Пропонується система ЕКОТЕМП базована на принципово новому виробі з унікальними питомими та конструкційними властивостями, що кардинально змінює технологію проведення робіт.

Призначення: теплоізоляція (для зменшення загальних тепловтрат приміщення), захист від зовнішніх (ізоляція) та внутрішніх (демпфірування) шумів, забезпечення біологічного комфорту. Може використовуватися замість традиційної штукатурки, для вирівнювання стін та міжкімнатного поділу, у тому числі при недостатніх несучих здатностях існуючого перекриття. При цьому відчуття комфортності досягається внаслідок зменшення балансу теплового обміну (поглинання-випромінювання) у парі «людина - маса, споруди».

Сфера застосування — будь-які приміщення (житлові, виробничі, офісні, лабораторні в тому числі із особливими санітарно-гігієнічними вимогами). Під замовлення передбачено випуск плит для специфічних умов експлуатації.

Конструкційна універсальність визначається варіантами кріплення (за мулярськими технологіями, або механічним кріпленням до стіни) та варіантами експлуатації (з відкритим декором, фарбування, шпалери, інше). Підтримання (стабілізація) рівня вологості — отримано конструктивно за рахунок спеціального гідроаккумулятора та використання природної властивості гіпсу, щодо зв'язування повітряної вологи при її надлишку та її віддачі при зменшенні вологості повітря. Розширений діапазон регулювання вологості забезпечено без зменшення проектної міцності виробу, а достатня пористість гіпсу створює умови для швидкого поглинання води у рідкій та газовій формах.

Термошумоізоляційна плита — ефективний екологічно чистий продукт (не містить жодного токсичного компоненту) універсального застосування, який за своїми фізичними та гігієнічними властивостями ідеально підходить для житлових приміщень. Конструкційно плита — це композитний, армований з двох сторін скловолоконною сіткою пазогребневий блок зовнішнім розміром 1020x520мм із запресованим у медичний гіпс ізоляційним матеріалом, товщиною від 25 до 80мм. Плити вогнетривкі та міцні, а пресована лицьова поверхня — чудова основа для будь-якого оздоблювального матеріалу (штукатурка, шпалери, фарба, керамічна плитка). За призначенням плита — ефективний негорючий енергозберігаючий матеріал з добрими звукоізоляційними властивостями.

Окрім цього, зазначимо, що плита «дихає» (тобто поглинає вологу при її надлишку у повітрі і віддає її, якщо повітря занадто сухе), а її кислотність відповідає кислотності людської шкіри, що дозволяє природним шляхом регулювати мікроклімат у приміщенні і значною мірою сприяє створенню гармонійної атмосфери — з такими стінами нам значно легше дихається. Плити належать до категорії нових інноваційних продуктів, спеціально створених під жорсткі умови експлуатації. Вже сьогодні їх застосовують як утеплювач, шумоізолятор, перегородки, «суху штукатурку» для внутрішнього оздоблення та

вирівнювання стін. Без будь-якої підготовки їх можна фарбувати, обклеювати шпалерами, оздоблювати керамічною плиткою. Незамінні плити і при проведенні, так званих, «євроремонтів» з їх підвищеними вимогами до геометрії приміщень та якості поверхні. І ще, якщо за традиційними технологіями стики стають ідеально рівними після клопітливої роботи штукатурки, який може виправити положення і надати поверхні належну геометрію, то у новій технології необхідна геометрія — результат, який забезпечують матеріалом. Назагал, випуском освоєно як стандартні (соціально-орієнтовані) плити, так і плити для спеціальних умов експлуатації (із підвищеною вологостійкістю та міцністю, захистом від електромагнітного та радіаційного опромінювання).

Шостий метод. Система будівництва житлових будинків та споруд громадського використання - **система «R»**, яка запатентована і сертифікована в кількох десятках країн. До неї входять модульні малогабаритні гіпсові будівельні елементи з термоізоляційною вкладкою, запроектовані так, щоб всередині будованих з них стін отримати простір для каркасних конструкцій нових будинків висотою від одного до п'яти стандартних поверхів, а також вищих. При товщині стіни 30 см отримано коефіцієнт теплоізоляції $U = 0,20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Серед відомих і застосовуваних технологій у будівництві виробництво блоків і будівництво з них систем «R» відзначають низькі затрати матеріалів, енергії та праці, висока точність виконання, яка повністю виключає ряд оздоблювальних робіт (м. ін. штукатурні роботи). «Мокрі» процеси при будівництві вилучені майже повністю. Легкість стіни (до 160 кг/м^2) істотно впливає на «схуднення» фундаментів порівняно з традиційним будівництвом і на поширення застосування системи «R» в надбудовах існуючих будинках.

Елементи конструкції будинку проектується згідно вимог будівельних норм і правил проектування конструкцій дерев'яних, сталевих, залізобетонних і цегляних з врахуванням експлуатаційних можливостей найсучасніших будівельних матеріалів. Несучі елементи будинків, такі як колони, риглі, знаходяться всередині зовнішньої стіни в спеціально сконфігурованих отворах, що забезпечує їм досконалий протипожежний захист, розрахований на 3 години. Карнизи і орєбрені залізобетонні перекриття виконуються для сталевих і залізобетонних колон, дерев'яних колон, кріплення і балки (стропи) виконуються також з дерева.

Стіни з елементів системи «K» будують після заливки фундаменту самовирівнюючим цементно-вапняним розчином по гідроізоляції. Наступні ряди елементів вкладаються з намащенням горизонтальних і вертикальних стиків гіпсовим клеєм «P» або на сухо, з умовою, що після укладання елементів у вертикальні щілини між блоками заливається гіпсовий розчин, розведений у співвідношенні 1:1, або газо-гіпсову пінку. Рекомендується будівництво стін з повітряно-сухих елементів.

Фасади будинків, збудованих за системою «R» повинні бути захищені від атмосферних впливів застосуванням імпрегнатів, фарб або гідрофобної штукатурки. Внутрішні стіни вимагають тільки гіпсового перетирання, як у випадку застосування гіпсокартонних плит і малювання їх екологічними акриловими фарбами або наклеювання шпалер. Стелі можуть виконуватись з застосуванням гіпсокартонних плит або звукопоглинаючих касетонів.

Систему «R» доповнюють гіпсові монолітні елементи перегородок ($60 \times 30 \times 9 \text{ см}$) і несучих стін ($60 \times 30 \times 25 \text{ см}$).

Температура стіни і мікроклімат усередині приміщення

Як було показано, у всіх розглянутих варіантів влаштування ізоляції найбільш ефективна система скріплюючої зовнішньої теплоізоляції. Тепер порівняємо, як змінюється температура і напрям теплових потоків у захисній конструкції (стіні) і як ця зміна впливає на формування мікроклімату всередині приміщення в варіанті для звичайної неізольованої середньостатистичної цегляної стіни товщиною 36см (рис.9) і аналогічної стіни, але покритої зовнішнім шаром теплоізоляції (рис.10), при однакових початкових температурних умовах ззовні і всередині приміщення в зимових умовах.

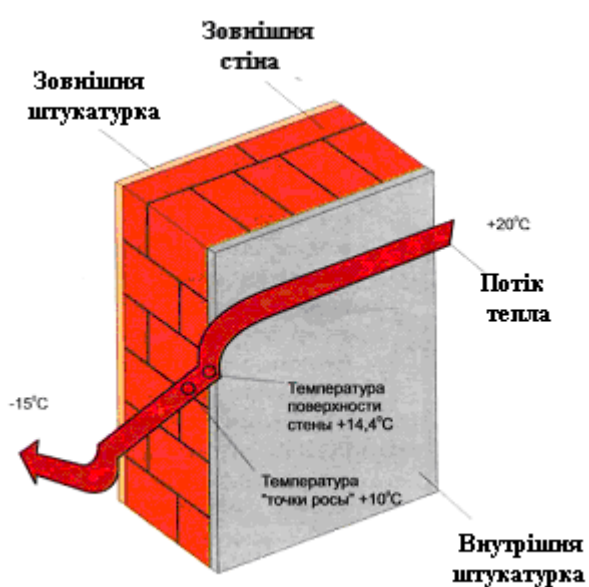


Рис.5.9. Розподіл температур у стіні без теплоізоляції

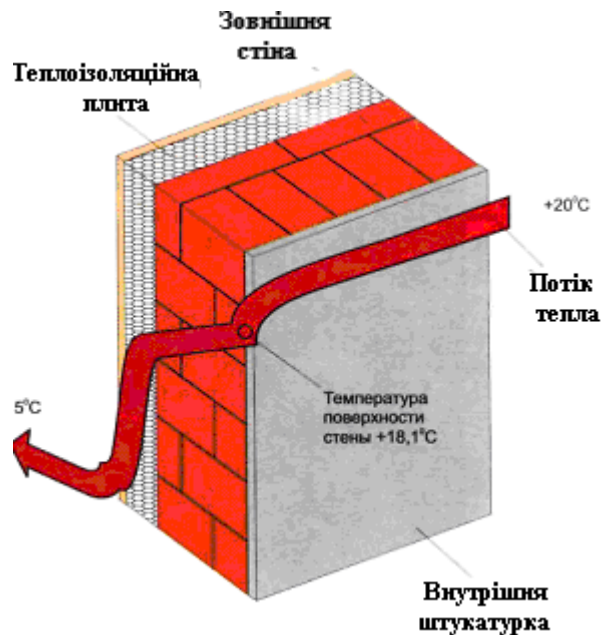


Рис.5.10. Розподіл температур у стіні із зовнішньою теплоізоляцією

Прийемо, що в обох випадках зовнішня температура повітря складає -15°C , внутрішня, в приміщенні, — $+20^{\circ}\text{C}$. З рис.5.9 видно, що температура на внутрішній поверхні неізолюваної стіни дорівнює $+14,4^{\circ}\text{C}$ і в міру наближення до зовнішньої рівномірно знижується, наближаючись до температури атмосферного повітря. Абсолютно інша картина розподілу температури в зрізі стіни, покритої теплоізоляцією (рис.5.10). Тут характерне різке зниження температурної кривої на стику поверхні стіни з теплоізоляційним шаром. В цьому випадку вся товщина стіни залишається нагрітою, а температура внутрішньої поверхні стіни дорівнює $+18^{\circ}\text{C}$, трохи відрізняється від температури повітря в приміщенні — $+20^{\circ}\text{C}$. Природно, така стіна втрачає тепло назовні значно менше, ніж у попередньому випадку; крім того, вона випромінює тепло всередину приміщення. І це ще не всі переваги подібного варіанту утеплення.

Температурні перепади в захисних конструкціях будівлі, обумовлені інтенсивністю теплових потоків, зумовлюють формування особливого мікроклімату в приміщенні, пов'язаного з розподілом температури і вологості в його об'ємі.

Рівень теплового комфорту, прийнятий в західноєвропейських країнах

Кімната	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Різниця температур, $^{\circ}\text{C}$, між повітрям і стіною і за висотою приміщення	Відносна вологість, %	Швидкість повітряного потоку, м/с
Житлова кімната	21	< 3	30-70 Взимку < 50	Взимку $< 0,15$ Влітку $< 0,25$
Спальня	18			
Ванна	22			
Туалет	18			
Сходові клітка	16			

Основним параметром, що забезпечує тепловий комфорт, є температура повітря, однак не завжди вказані в таблиці значення температури забезпечать задовільні умови. Відомо, наприклад, що, коли температура поверхні будь-якого тіла має температуру, відмінну від температури оточуючих його поверхонь, то теплообмін проходить шляхом випромінювання тепла від більш нагрітого тіла. Тому, коли людина сидить біля холодного вікна чи холодної стіни, то вона відчуває протяг, незважаючи на те, що повітря навколо неї зовсім нерухоме. Щоб не допустити цього неприємного відчуття, опалювальні прилади зазвичай розміщують

під вікнами, але це не завжди допомагає, і для усунення дискомфорту часто доводиться підвищувати температуру повітря, що призводить до підвищеного споживання енергії. Якісно і правильно ізольовані зовнішні стіни і вікна дозволяють знизити температуру повітря всередині приміщення без порушення теплового комфорту. Незадовільний тепловий режим може бути зумовлений також зайвою різницею температури повітря по висоті приміщення, а також підвищеною вологістю і рухливістю повітря. Для того, щоб відчуття людини були комфортними, ці параметри не повинні перевищувати значень, вказаних в таблиці 1. Вимоги до теплового комфорту визначаються фізіологічною потребою людини, і у всіх країнах світу вони практично співпадають, відрізняючись лише в деталях, що відображають кліматичні особливості регіонів чи звички громадян.

Головним критерієм теплового комфорту залишається температура повітря в приміщенні, оптимальне значення якої для зимового періоду визначене гігієністами на рівні 20-22°C. В той час, діючими нормами проектування встановлено, що системами опалення повинна бути забезпечена температура 18°C у більшості приміщень житлових і громадських будівель. Незважаючи на те, що не всі люди задовільно сприймають цю температуру, складна енергетична ситуація не дозволяє сьогодні підняти цю температуру до комфортних значень. Разом з тим, збільшення термічного опору зовнішніх конструкцій будівель дозволить покращити комфорт всередині приміщень без підвищення температури повітря, бо при цьому підвищується радіаційна температура приміщення.

Під радіаційною температурою t_R розуміють середню температуру всіх поверхонь приміщення :

$$t_R = \frac{\sum F_i \cdot t_i}{\sum F_i}$$

де F_i - площа елемента поверхні, m^2 ; t_i - температура поверхні елемента, °C.

В будівлях з низьким рівнем теплоізоляції зовнішніх стін і вікон радіаційна температура понижена. Тому для збереження рівня теплового комфорту доводиться додатково підвищувати температуру повітря в приміщенні, що призводить до збільшення використання теплової енергії.

Діапазон зв'язку температури повітря t_n і радіаційної температури t_R , °C, що обумовлюють комфортні умови для холодного періоду року в приміщеннях житлових та громадських будівель, виражається рівнянням:

$$t_R = 29 - 0,57 \cdot t_n \pm 1,5$$

Таким чином, підвищення радіаційної температури приміщення на 1°C при покращенні теплотехнічних характеристик зовнішніх конструкцій, дозволить досягти такого ж рівня теплового комфорту, який би можна було забезпечити при збільшенні температури повітря в приміщеннях приблизно на 2°C.

Параметри теплового комфорту в житлових і громадських будівлях за діючими в Україні нормами:

Пора року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Тепла	20-25 (не нормується)	60-30 (не нормується)	0,3 (не нормується)
Холодна і перехідні умови	20-22 (не менше 18)	45-30 (не більше 65)	0,2 (0,2)

* в дужках наведені допустимі параметри

При низькому термоопорі зовнішніх огорожень (неізольована стіна) температура внутрішньої поверхні встановлюється на рівні значно нижчому за розрахункову температуру повітря в центрі приміщення, відповідно +14,4°C і +20°C. Такий температурний перепад створює умови для інтенсивного повітрообміну (циркуляції) повітря в приміщенні із швидкістю руху потоку приблизно 1,5 м/с.

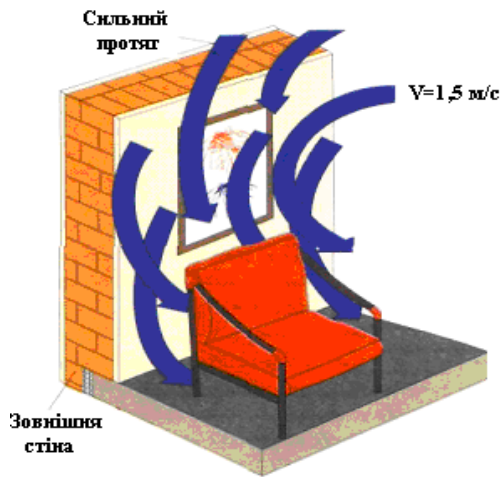


Рис.5.11. Циркуляція потоків повітря в неізолюваному приміщенні

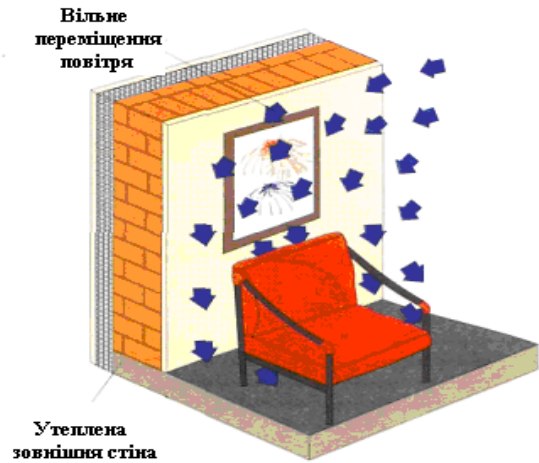


Рис.5.12. Циркуляція потоків повітря в ізолюваному приміщенні

Мешканець сприймає це як протяг (рис.5.11) і вимушений, в порядку компенсації, піднімати температуру повітря всередині приміщення до 23-25°C і вище з відповідним зростанням енергоспоживання.

Ізоляція стін методом системи скріплюючої теплоізоляції (з одночасним можливим зниженням її товщини до 25см) створює умови, при яких внутрішня різниця температур між поверхнею стіни і рештою частини приміщення складає всього 1,9°C (рис.5.12); потік повітря в цьому випадку, практично відсутній і мешканець відчуває себе комфортно навіть при більш низькій температурі (18-20°C).

Система скріпленої теплоізоляції асоціюється не тільки з теплим, але і з комфортним, помірно вологим кліматом в приміщенні. При підвищеній вологості повітря в приміщенні створюється відчуття дискомфорту.

Звідки в приміщенні може з'явитися волога? Волога завжди міститься в повітрі у вигляді ненасиченої водяної пари, як наслідок його природного стану, а також в результаті життєдіяльності людини (дихання, приготування їжі, експлуатація санітарно-побутових систем і т.п.). В більшості випадків і зовнішнє, і внутрішнє повітря житлових приміщень містить вологу менше граничного, для даної температури, значення (відносна вологість повітря менше 100%). При цьому досягнення ступеня повного насичення повітря вологою (вологість 100%) неоднакове для різних температур і залежить від рівня вмісту водяної пари в повітрі (відносної вологості ϕ_v) і температури повітря (t_v).

Так, за нормальних умов ($t_v=20^\circ\text{C}$, $\phi_v=55\%$) в повітрі міститься 9,48 г/м³ вологи. Із зниженням температури повітря до 10°C, відносна вологість повітря підвищиться до 100% з випаданням конденсату. Природно, при більшій початковій вологості температура випадання конденсату t_p – «точка роси» відповідно підвищується, тобто «точка роси» зміщується на внутрішню поверхню стіни. Таке ж явище може бути при зниженні зовнішньої температури.

В умовах недостатнього термоопору стін, зниження зовнішньої температури і високої відносної вологості повітря в приміщенні, (особливо в кухнях, ваннах і т.п.), температура на внутрішній поверхні стіни може опускатися нижче за «точку роси» і на ній випадає конденсат (рис.5.13), викликаючи той, що відволожує стіни, утворюючи на них мокрі плями з подальшою появою цвілі, грибка, водоростей та інших неприємних наслідків (наприклад, руйнування штукатурки, відшаровування і псування шпалер, неприємний запах і т.п.). В літніх умовах жаркого клімату, неізолювані стіни також є джерелом дискомфорту в приміщенні. Прагнучи захиститися від спеки, ми наглухо закупорюємо приміщення.

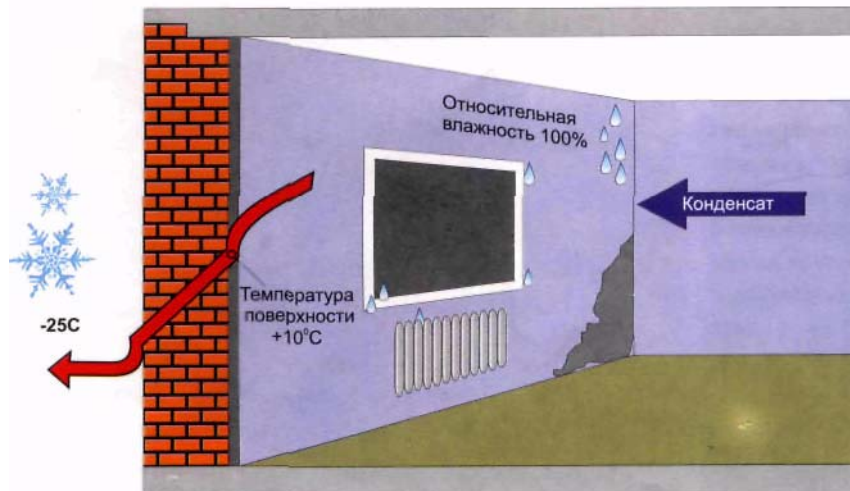


Рис.5.13. Випадання конденсату при зниженні температури стіни всередині приміщення

Відсутність необхідного повітрообміну в приміщенні приводить до накопичення в ньому вологи, що при неприпустимо високій температурі усередині приміщення (рис.5.13) і високій вологості повітря створює «парниковий ефект», недопустимий для нормальної життєдіяльності мешканців. Кондиціонування повітря в неізольованих приміщеннях приводить до значних енерговитрат. Надійною перешкодою всім подібним неприємностям служить система скріпленої теплоізоляції.

Визначення можливості конденсації водяної пари на внутрішній поверхні зовнішньої стіни

Вимога для температури на внутрішній поверхні стіни:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{р}} - U(t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) R_{\text{в}} \geq t_{\text{р}} + 1^{\circ}\text{C}$$

де U – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, $U = 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

$t_{\text{в}}$ - розрахункова температура внутрішньої поверхні, $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{з}}$ - розрахункова температура зовнішньої поверхні, $t_{\text{з}} = -20^{\circ}\text{C}$;

$R_{\text{в}}$ – опір тепловіддачі, $R_{\text{в}} = 0,167 \text{ (м}^2\text{К)}/\text{Вт}$.

Звідси

$$t_{\text{в}} = 20 - 0,30[20_{\text{в}} - (-20)_{\text{з}}] \cdot 0,167 = 18,0^{\circ}\text{C}$$

Для температури повітря в приміщенні 20°C при відносній вологості 55% температура точки роси складає $10,7^{\circ}\text{C}$, тобто досягається умова

$$t_{\text{в}} = 18,0^{\circ}\text{C} \geq t_{\text{р}} + 1^{\circ}\text{C} = 10,7 + 1 = 11,7^{\circ}\text{C}$$

Отже, при вимогах згідно норми для тепловологісного режиму на внутрішній поверхні стіни не повинна проявлятися конденсація водяної пари.

Стіна повинна «дихати»

Чи повинна стіна «дихати»?

Є поширений науковий блуд, «що стіна має дихати» для врегулювання вологості у приміщенні. Дійсно, як було показано вище, складовою частиною мікроклімату в приміщенні є вологість повітря, яка, за інших рівних умов, залежить від того, наскільки зовнішні стіни зберігають здатність «дихати», тобто чи пропускають пару, зберігаючи вологість повітря відповідно рівню комфортної температури в центрі приміщення.

При детальному аналізі проблеми слід зазначити, що :

- регулювання вологості не є функцією конструкційних елементів будівельної конструкції. При влаштуванні належного повітрообміну між приміщенням та зовнішнім середовищем проблема вологості (функція дихання) вирішується автоматично;
- серед матеріалів, які дійсно здатні автоматично регулювати вологість (за рахунок акумуляування та віддачі), є тільки гіпс.

Разом з тим, проблема паропроникнення дійсно існує і її негативні наслідки можуть бути досить негативними. Відповідно до наведеного, при виборі системи утеплення слід перевірити ступінь її паропроникності. Фактично, проблема залежить не від системи (скріплена чи панельна), а від розрахунку, конструкції, матеріалів та (головне) виконання.

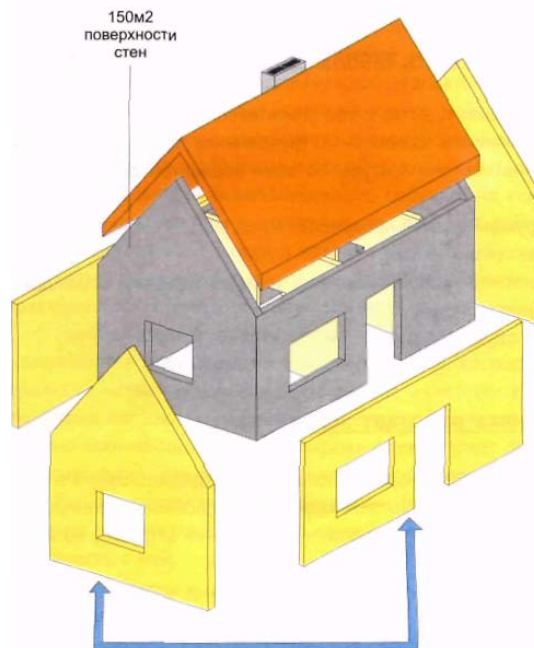


Рис.5.14. Ізоляція системою скріпленої теплоізоляції щорічно дає прибуток від економії засобів на опалення і кондиціонування приміщення

Ізоляція за системою скріпленої теплоізоляції не тільки знижує затрати палива на обігрівання будівлі, але і дозволяє, як вже згадувалося, обійтися опалювальною і кондиційною системою меншої потужності, а значить, і її габаритів і вартості. При хорошій ізоляції стін можлива установка агрегатів з меншою енергопродуктивністю, а також зменшення розмірів і кількості секцій радіаторів. Знижується також і необхідна температура нагріву радіаторів: з 55-60°C до 40-45°C.

Використовуючи ізоляцію стін, цілком можливий перехід і на альтернативні джерела енергії, в тому числі відновлювані, тобто вживання ізолюючих систем і енергозберігаючих технологій багато в чому сприяє вирішенню екологічних проблем.

Теплотехнічні показники реконструкції стін існуючих будівель з використанням теплоізоляції наведено в табл.5.1.

Таблиця 5.1

Теплотехнічні показники реконструкції стін існуючих будівель з використанням теплоізоляції

ДО РЕКОНСТРУКЦІЇ				Після реконструкції			
Матеріал стіни	Товщина, см	Термічний опір, $\frac{m^2 \cdot C}{W}$	Теплові втрати, $\frac{ГДж}{m^2 \cdot рік}$	Товщина шару мінеральної вати, мм	Термічний опір, $\frac{m^2 \cdot C}{W}$	Теплові втрати, $\frac{ГДж}{m^2 \cdot рік}$	Річна економія, $\frac{ГДж}{m^2 \cdot рік}$
ЦЕГЛА	38	0,63	0,48	50	1,69	0,18	0,30
				100	2,30	0,13	0,35
	51	0,79	0,38	50	1,62	0,19	0,19
				100	2,46	0,12	0,26
	64	0,95	0,32	50	1,78	0,17	0,15
Керамзитобетон				100	2,62	0,12	0,20
	30	0,89	0,34	50	1,72	0,18	0,16
				100	2,56	0,12	0,22
	35	1,01	0,30	50	1,85	0,16	0,14
			100	2,68	0,11	0,19	

Окупність заходів з утеплення будинків та квартир приведено в табл.5.2.

Таблиця 5.2

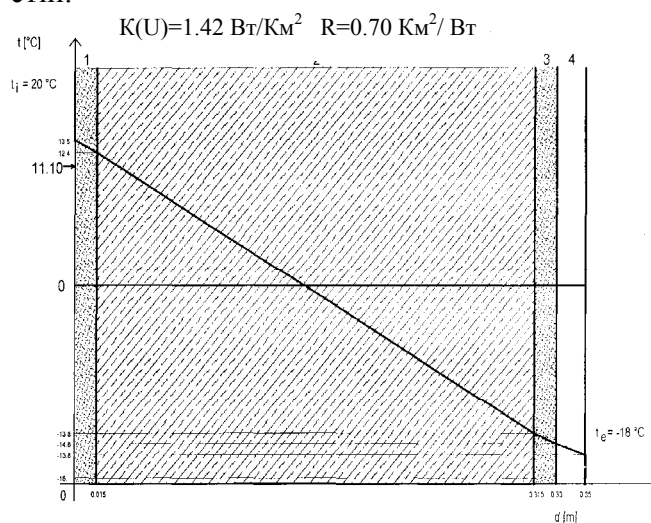
Окупність заходів з утеплення будинків та квартир

Заходи	Термін окупності, роки
Теплоізоляція даху мінеральною ватою (200 мм)	2
Збільшення теплоізоляції з 100 до 200 мм	3
Теплоізоляція зовнішніх стін (80 мм)	3,5
Встановлення додаткових рам на вікна з одним склом	3
Встановлення додаткових рам на вікна з кращими теплоізоляційними властивостями (склопакети з тепловідбивним склом)	10

Великопанельні п'ятиповерхові житлові будинки типових проектів серії 1-464, що розроблені інститутом «КиївЗНДІЕП», є найпоширенішими повнозбірними будинками першого покоління на території України. Найбільше розповсюдження в 60-х роках одержав п'ятиповерховий 4-секційний 80-квартирний будинок. В основу рішення будинків серії 1-464 покладена перехресно-стінова конструкційна система.

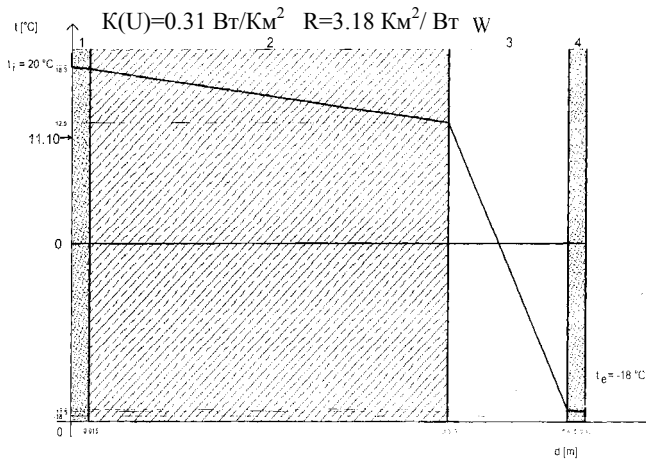
У великопанельних будинках застосовувались зовнішні стінові панелі трьох типів: одношарові, двошарові і тришарові з різних матеріалів і утеплювачів. Одношарові панелі – легкобетонні несучі і самонесучі із заповнювачем у вигляді щебеню і гравію з керамзиту, перліту, термозиту, пемзи натуральної, котельного і вулканічного шлаку. Термографія зовнішніх стін панелей виявила їх значні теплозахисні дефекти. Особливо великі ділянки тепла спостерігаються в панелях, розміщених у торцях, в місцях примикання стінових панелей з плитами перекриття і в кутах будинку. Аналіз термографії свідчить про вкрай незадовільні теплотехнічні характеристики кутових елементів і місць примикань панелей, де утворюються, так звані, «містки холоду». Аналогічна ситуація спостерігається і для великопанельних дев'ятиповерхових житлових будинків типових масових серій.

За допомогою комп'ютерної програми SALTA.1 фірми «Атлас» проведено розрахунок розподілу температур (рис.5.15, а) та тиску водяної пари (рис.5.16, а) по товщині стіни в зовнішній огорожуючій конструкції великопанельного п'ятиповерхового житлового будинку типових масових серій. Згідно проведених розрахунків, опір теплопередачі зовнішньої стіни складає $0,7 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$, температура всередині стіни нижча $0 \text{ }^\circ\text{C}$, область конденсації водяної пари знаходиться безпосередньо в керамзитобетонній стіні, що призводить до недостатнього обігріву будинку взимку, включаючи промерзання зовнішніх стін.



Назва шару	d, м	λ , Вт/м ² К	R, м ² К/Вт	t, °C
Всередині				20
Вапняний тиньк	0,015	0,70	0,021	13,51
Керамзитобетон	0,30	0,62	0,484	12,35
Цементний розчин	0,010	0,82	0,012	-
Керамічна плитка	0,015	1,05	0,014	-
				-
				15,84
Зовні				-18

а



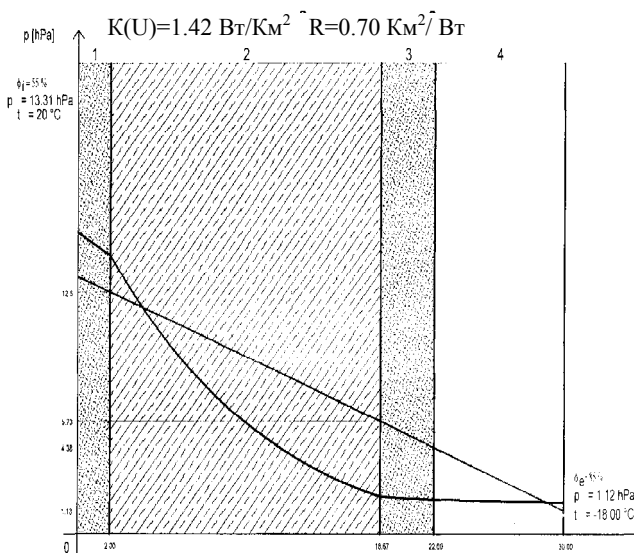
Назва шару	d, м	λ , Вт/м²К	R, м²К/Вт	t, °C
Всередині				20
Вапняний тиньк	0,015	0,70	0,021	18,57
Керамзитобетон	0,30	0,62	0,484	18,31
Пінополістирол	0,10	0,04	2,50	12,54
Тиньк	0,015	0,82	0,018	-17,30
				-17,52
Зовні				-18

б

Рис.5.15. Розподіл температур у зовнішній огорожуючій конструкції:
а – до термореновації будинку; б – після термореновації будинку

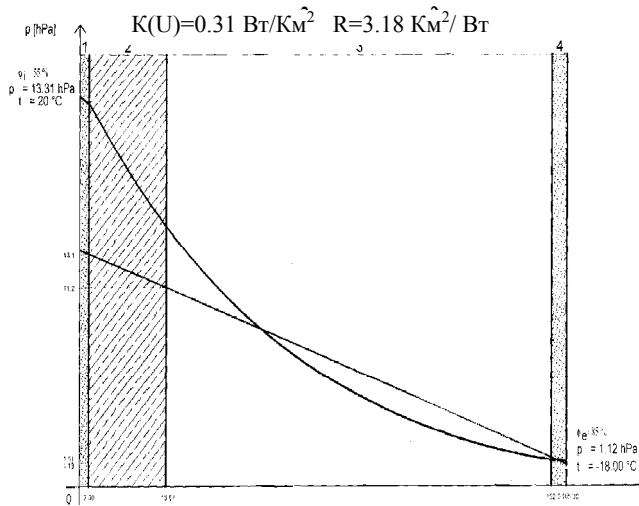
Підвищення теплозахисних властивостей стінових огорожуючих конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень (2,2-2,5 м²С/Вт), діючих на теперішній час. Це досягається за допомогою утеплення стін теплоізоляційними матеріалами, які необхідно захищати від зовнішніх дій захисним декоративним шаром, здатним при необхідності зберігати або покращувати архітектурно-художній вигляд будівлі.

Утеплення стін типових житлових будинків пінополістиролом товщиною 10 см забезпечує збільшення термічного опору стіни до 3,18 м²С/Вт, а область конденсації водяної пари знаходиться в шарі пінополістиролу (рис.5.15,б; 5.16,б). Теплоізоляція зовнішніх огорожуючих конструкцій дозволяє знизити втрати тепла та підтримувати необхідні температуру і вологість в приміщенні зі значно меншими енергозатратами на обігрівання і кондиціонування повітря. Теплотехнічні показники реконструкції стін існуючого великопанельного п'ятиповерхового житлового будинку типових масових серій представлені в табл.5.3.



а

Назва шару	d, м	$\frac{\delta}{\tau}$, м год г Па	$\frac{\gamma}{\tau}$, м² год г Па	ϕ , °C
Всередині				55
Вапняний тиньк	0,015	75,0	2,00	
Керамзитобетон	0,30	180,0	16,67	
Тиньк	0,10	45,0	3,33	
Керамічна плитка	0,015	25,0	8,00	
Зовні		Σ 30,00		85



Назва шару	d, м	$\frac{\delta}{\rho}$, м год г Па	$\frac{g}{\rho}$, м ² год гПа	ϕ , °C
Всередині				55
Вапняний тиньк	0,015	75,0	2,00	
Керамзитобетон	0,30	180,0	16,67	
Пінополістирол	0,10	12,0	83,33	
Тиньк	0,015	45,0	3,33	
Зовні		Σ 105,30		85

б

Рис.5.16. Розподіл тиску водяної пари в зовнішній огорожуючій конструкції:
а – до термомодернізації будинку; б – після термомодернізації будинку

Таблиця 5.3

Теплотехнічні показники реконструкції стін існуючого великопанельного п'ятиповерхового житлового будинку типових проектів серії 1-464

До реконструкції		Після реконструкції			
Термічний опір, м ² С/Вт	Теплові втрати, ГДж/рік	Термічний опір, м ² С/Вт	Теплові втрати, ГДж/рік	Річна економія, ГДж/рік	Річна економія, тис. м ³ прир. газу
0,70	697,8	3,18	162,2	535,6	15,3

При застосуванні систем теплоізоляції житлових будинків масової забудови загальна ефективність її влаштування досить суттєва і має різносторонній характер. Так, за рахунок підвищення теплозахисту (підвищення термічного опору) зовнішніх огорожуючих поверхонь досягається суттєва економія енергії і витрати палива; внаслідок зменшення продуктів згорання знижується загальне забруднення навколишнього середовища. Скорочення теплових втрат дозволяє знизити температуру обігрівальних приладів і зменшити потужність систем кондиціонування і енергозатрати з одночасним покращенням санітарно-гігієнічних умов у приміщенні. При цьому, ізольовані стіни характеризуються властивістю акумулювати тепло, а організація теплових потоків в об'ємі приміщення і паропроникність системи утеплення забезпечують комфортний мікроклімат у приміщенні. Внаслідок термомодернізації підвищується надійність і довговічність огорожуючих конструкцій будівлі, оскільки зовнішня теплоізоляція зміщує «точку роси» з внутрішнього перерізу стіни назовні, а всередині її не утворюється конденсат, який руйнує матеріали огороження і збільшує тепловтрати.

Таким чином, тепла реконструкція одного великопанельного п'ятиповерхового житлового будинку типових проектів серії 1-464 дозволить зекономити 535,6 ГДж теплової енергії за опалювальний сезон, яка затрачається на опалювання приміщень, що еквівалентно 15,3 тис. м³ природного газу.

Підвищення теплозахисних властивостей вікон

Зазначимо вікно має лише одну основну функцію — забезпечення надходження світла до приміщення. Воно має забезпечувати максимальну щільність і чим краще ця функція виконується, тим вищою є його енергоефективність, але і тим більше проблем

народжується. Звернемо увагу, що породжена якісними вікнами проблема надходження свіжого зовнішнього повітря — це проблема не самих вікон, а систем вентиляції.

З іншого боку, вікна — це найслабші в термічному плані місця в будинку, через які втікає багато тепла (18-30% теплової енергії), а у випадку неякісних вікон втрати зростають ще більше. Існує ряд способів обмеження цих втрат, серед яких найважливіші:

- зменшення поверхні вікон;
- додаткова шиб;
- ущільнення;
- спеціальні сорти скла;
- штори, жалюзі;
- заміна вікон.

При заміні вікна варто звернути увагу, що постачальники часто подають завищені дані відносно параметрів пропонованих вікон, подається коефіцієнт теплопередачі на рівні 1,1 або 1,2 Вт/(м²·К). Необхідно представити замовнику документи (атестати, сертифікати), що підтверджують ці дані. Але, які б документи і «довідки» вам не показували, необхідно пам'ятати:

- одинарний склопакет — це 0,36-0,41
- подвійний — 0,42 – 0,57
- два склопакети у роздільних рамах це справді може бути 1,0-1,1

Найчастіше подаються дані, що відповідають тільки прозорій частині вікна або поєднанню шиб, в той же час коефіцієнт теплопередачі для цілого вікна є значно вищий внаслідок меншої термічної ізоляційності віконних рам, а також термічних містків на стику шиб і рами. Як наслідок, вікно, прозора частина якого має коефіцієнт $U=1,1$ Вт/(м²·К), в цілому має коефіцієнт 1,3-1,5 Вт/(м²·К).

Суттєвий вплив на термічну ізоляцію вікон надає різновид застосованих шиб. Чим менший коефіцієнт теплопередачі вікна U , тим менші втрати тепла. Так, для одиночної шиб коефіцієнт U складає понад 5,0 Вт/(м²·К). При цьому, на поверхні скла вже при температурі ззовні 0°C створюється можливість конденсації водної пари при зростанні відносної вологості повітря в приміщенні.

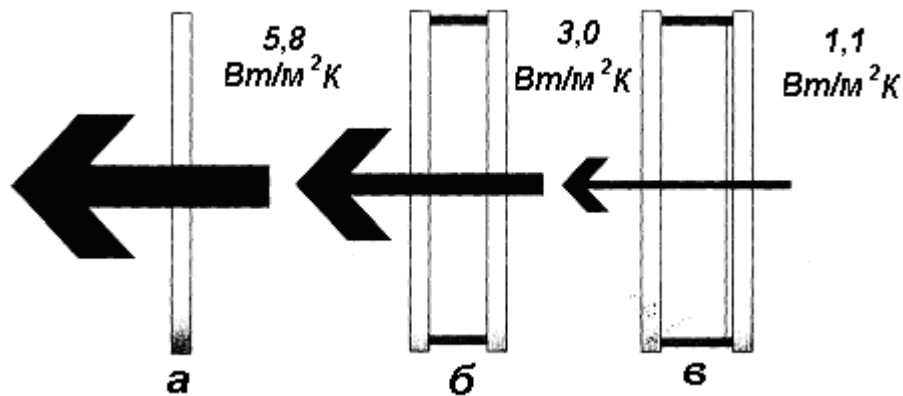


Рис.5.17. Проходження тепла через шиб:
а – одинарна, б – подвійна, в – подвійна з низькоемісійною плівкою

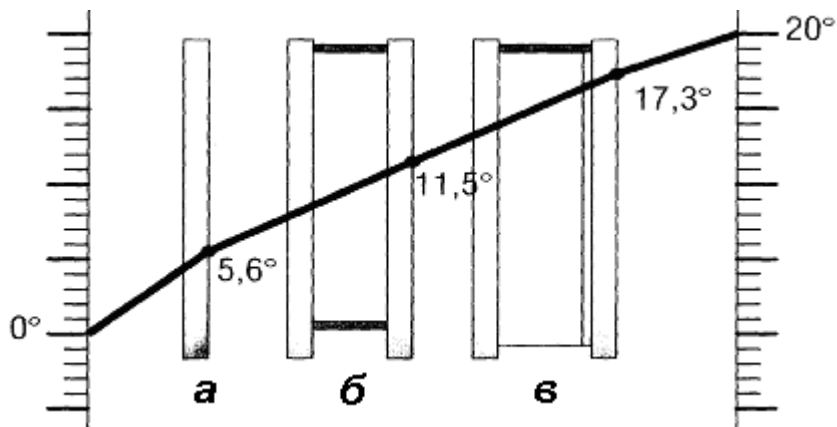


Рис.5.18. Температура на внутрішній поверхні шиби:
 а – одинарної 4 мм; б – подвійної з флоат скла 4/12/4; в – подвійної 4/15/4 з низькоемісійною плівкою та пустою, заповненою газом

В кліматичних умовах України, традиційно, застосовуються вікна з двошаровим склінням, і тому тут відсутній той великий резерв енергозбереження, яким скористалися в більшості країн Європи, де, протягом короткого часу, були замінені вікна з одношаровим склінням відразу після того, як виростили ціни на паливо. На даний час через вікна втрачається близько половини тепла, яке поступає від приладів системи опалювання багатоповерхового житлового будинку. Частина цього повітря необхідна для вентиляції, але зазвичай через нещільність вікон поступає значно більше повітря, ніж це необхідно згідно санітарних норм. Крім того, в перехідний період року, коли з системи централізованого теплопостачання подається тепла більше, ніж достатньо для нормального опалювання, значна його частка викидається жителями через відкриті квартирки вікон.

Поліпшення теплозахисних властивостей вікон може бути досягнуте завдяки збільшенню їхнього термічного опору і поліпшенню якості ущільнення притворів. Введеними в Україні з 1995 року нормативами, на більшій частині її території встановлений мінімальний термічний опір вікон на рівні 0,5мК/Вт.

У європейських країнах також намітився перехід до масового застосування досконаліших, у теплотехнічному відношенні, вікон, а термічний опір кращих конструкцій майже удвічі перевищує новий український норматив. Стає очевидним, що при застосуванні покращених конструкцій загальний рівень тепловтрат через вікна можна істотно знизити. У табл.5.4 показана структура втрат енергії через звичайні і покращені вікна двокімнатної квартири багатоповерхового житлового будинку.

Таблиця 5.4

Втрати тепла через звичайні і покращені вікна двокімнатної квартири багатоповерхового житлового будинку

Види втрат	Величина втрат за рік, виражена в ...					
	літрах мазуту		ГДж		%	
	звичайні	покращені	звичайні	покращені	звичайні	покращені
Загальні втрати	790	530	31,4	21,1	100	100
В тому числі						
тепло-обмін	480	290	19,1	11,6	61	55
повітре-обмін	310	240	12,3	9,5	39	45
В тому числі						
норматив-ний	240	240	9,5	9,5	30	45
інфільт-рація	32	-	1,3	-	4	-
через форточки (при перепалі)	38	-	1,5	-	5	-

Покращити теплоізоляційні властивості вікон можна при збільшенні кількості шарів скла. Тому вікна з трьома шарами скла знаходять все більше застосування. Економія енергоресурсів з розрахунку на 1м² вікна за рік приведена в табл.5.5.

Разом з тим, сучасні технології відкривають нові можливості модернізації вікон без збільшення їх масивності. Одна з таких можливостей полягає в нанесенні на скло тепловідбиваючого покриття, яке прозоре для видимої частини спектру денного світла, але характеризується, в той же час, високим коефіцієнтом віддзеркалення в тепловому діапазоні випромінювання, направленою зсередини назовні.

Найкращий (і найдешевший варіант) використання 2-х звичайних одинарних склопакетів вікон у двох роздільних дерев'яних рамах.

Таблиця 5.5

Економія енергоресурсів з розрахунку на 1 м² вікна за рік

Тип вікна, що замінюється на герметизовані склопакети з тепловідбивною плівкою або склом	Економія на 1 м ²		
	мазут, л	газ, м ³	теплота, Гкал
Одинарне скло	55	50	0,43
Подвійне скло	26	23	0,20
Потрійне скло	17	15	0,13
Подвійне низькоенергетичне скло	13	11	0,10
Потрійне низькоенергетичне скло	11	10	0,09

Звичайно, теплові промені від радіаторів опалювання і від нагрітих ними внутрішніх стін приміщень безперешкодно проникають через скло вікон назовні, збільшуючи тепловий потік з опалювальної будівлі в навколишнє середовище. Тепловідбиваючі покриття стають бар'єром на шляху цих втрат.

Покращити якість вікон можна також шляхом створення герметизованого простору між шибамі. Два скла, встановлені на оптимальній, з погляду теплозахисних властивостей, відстані (звичайний близько 19мм) і сполучені за допомогою спеціальних деталей в єдину герметичну конструкцію, зазвичай, називають склопакетом. Теплозахисні властивості склопакету ще більше покращуються, якщо простір між склом заповнити аргоном, або іншим газом, що зменшує теплопровідність міжскляного простору і пригнічує конвекцію всередині нього.

Таким чином, конструктори сучасних вікон володіють декількома способами підвищення теплозахисних властивостей світлопрозорих конструкцій, що дозволяє виробляти різноманітні вікна. У табл.5.6 наведені теплозахисні властивості деяких найбільш поширених типів вікон.

Таблиця 5.6

Теплозахисні властивості вікон

Тип вікна	Температура на внутрішній поверхні	Опір теплопередачі	Теплові втрати, $\frac{ГДж}{м^2 \cdot рік}$	Економія за рік	
				тепла	мазуту
Подвійне в дерев'яних рамах	6	0,39	0,792	-	-
Потрійне в дерев'яних рамах	10	0,55	0,562	0,230	5,8
Склопакет з тепловідштовхуючим покриттям	9	0,54	0,572	0,220	5,5
Те ж з аргоном між склом	11	0,69	0,448	0,344	8,6
Те ж двома тепловідштовхуючими покриттями	12	0,78	0,396	0,396	9,9

На рис.5.19 показано, як можна прикріпити скло до віконної рами. Не дивлячись на постійне вдосконалення конструкцій вікон, вони залишаються найбільш теплопровідним місцем в системі захисних конструкцій будівлі. Ця їх роль посилюється ще і тим, що через

нещільність притворів віконних рам в приміщення проникає холодне повітря, що є причиною додаткових тепловтрат.

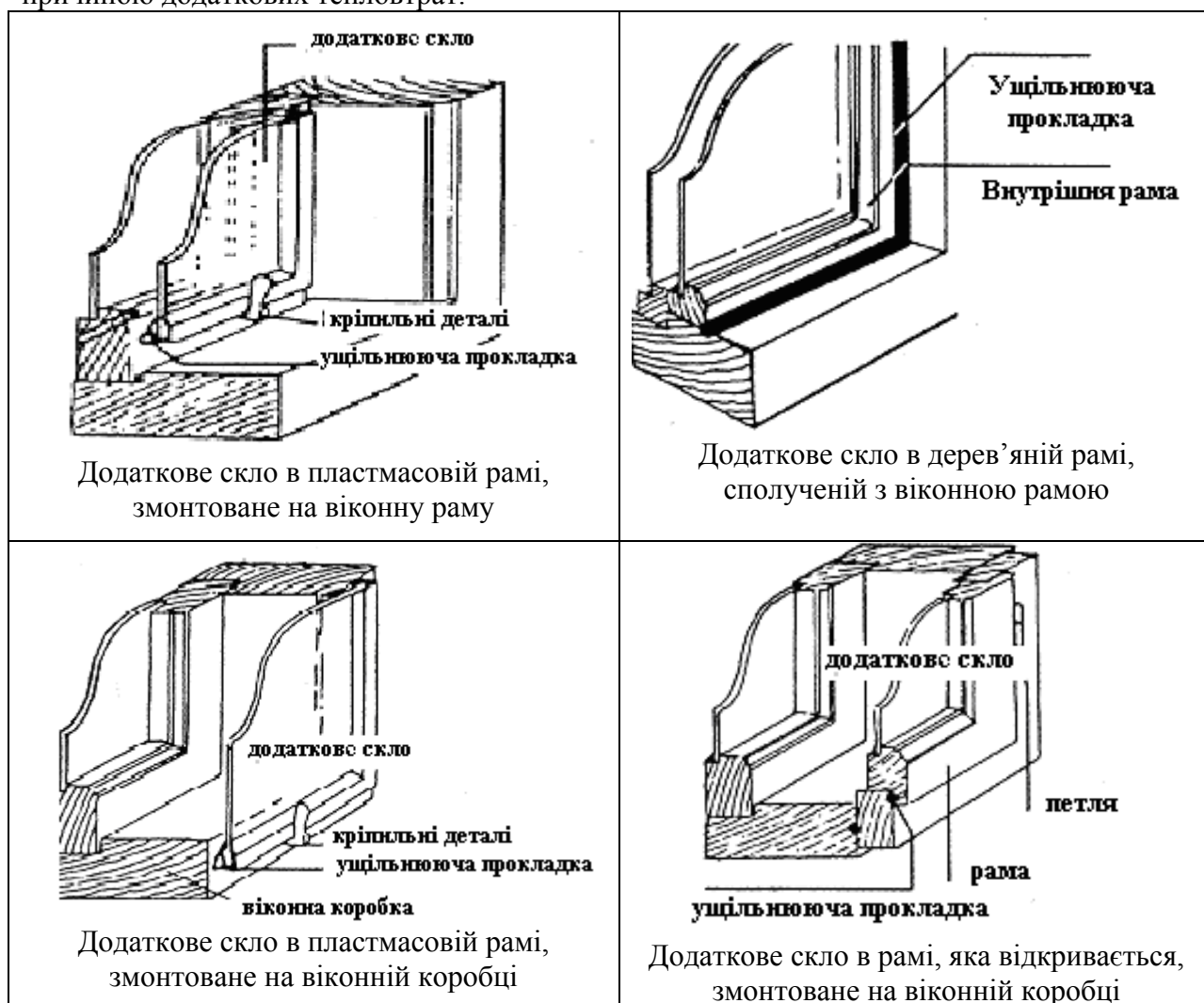


Рис.5.19. Варіанти влаштування додаткового скла на віконну раму

Вентиляція та інфільтрація

Вентиляція приміщень – це видалення використаного повітря і введення на це місце свіжого повітря ззовні. Разом з тим, слід враховувати, що на вентиляцію втрачається 25-36% генераційного тепла.

Вентиляція відбувається у випадку:

- відведення використаного повітря через відвісні приводи вентиляційні, при цьому, вентиляція може бути гравітаційна або механічна, вимушена;
- введення свіжого повітря через вікна або отвори в зовнішніх стінах.

Правильна вентиляція є дуже важливою з погляду усунення забруднень, таких як вуглекислий газ, водяна пара, різні запахи.

Несправність вентиляції спричиняє:

- швидке збільшення кількості вуглекислого газу і водяної пари, зменшується кількість кисню. Вміст вуглекислого газу в кількості 1 % спричиняє погіршення самопочуття і обтяжує дихання, збільшення концентрації становить загрозу для життя;
- недостатня кількість кисню зменшує ефективність згорання газу в колонках;
- водяна пара при недостатній вентиляції спричиняє збільшення вологості повітря, що створює сприятливі умови для розвитку плісняви та грибків.

Інфільтрація, тобто проникнення повітря, це кількість повітря, що проникає через нещільності у віконній столарці і пори в стінах. Згідно польських норм, показник інфільтрації повітря в приміщеннях з гравітаційною вентиляцією знаходиться в межах 0,5-

1,0м³. Для приміщень з акліматизацією або з механічною вентиляцією цей показник повинен бути менше 0,3м³.

Згідно норм ЄС величина обміну повітря повинна складати:

- в кухні з газовою плитою і зовнішнім вікном – 70 м³/год
- в кухні з електричною плитою і зовнішнім вікном – 30 м³/год
- у ванній кімнаті – 50 м³/год
- в туалеті – 30 м³/год
- кількість повітря, необхідного на одну особу – 20 м³/год.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

По відношенню до конкретного будинку висновок про доцільність термомодернізації та її напрямку повинен бути розглянутий після аналізу передбачуваних коштів інвестиції та очікуваного економічного ефекту. Перш за все, повинні бути реалізовані тільки такі напрямки реконструкції, які є економічно доцільні.

Оцінка економічної доцільності термомодернізації полягає в порівнянні передбачуваних інвестиційних накладів з економічною ефективністю. Таке порівняння можна виконати через спрощений спосіб, розраховуючи, так званий, простий час повернення коштів SPBT (англ.) Simple Pay Back Time). Це є час (в роках), протягом якого сума отриманого економічного ефекту зрівнюється з сумою витрачених інвестиційних коштів.

$$SPBT = I / Z \text{ (років)}$$

де I - означає величину коштів інвестиції, грн.

Z – означає величину річного економічного ефекту, грн.

Приклад. Утеплення зовнішніх стін

1. Зменшення витрати тепла

Після розрахунків встановлено, що для стіни з суцільної цегли товщиною 50 см (2 цегли) коефіцієнт теплопередачі $U = 1,20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Розглянемо систему утеплення з пінополістиролу товщиною 10 см. Згідно рис.5.21, отримуємо $U = 0,30 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, тобто зниження на 0,90.

Тоді зменшення втрат тепла протягом року:

$$\Delta Q = \Delta U (t_v - t_z) \cdot A \cdot \tau / 1000 \text{ [кВт} \cdot \text{год]},$$

де t_v - середня внутрішня температура = 20°C

t_z - середня зовнішня температура = 2°C

τ – тривалість опалювального сезону = 5000 год

S – поверхня стін для утеплення = 120 м².

Отже, після розрахунків отримуємо:

$$\Delta Q = 0,90 (20 - 2) \cdot 5000 \cdot 1200 / 1000 = 9720 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

2. Річна економія коштів на обігрівання

$$Z = \Delta Q \cdot C_1,$$

де C_1 ціна 1 кВт. год = 0,20 грн

$$Z = 9720 \cdot 0,20 = 1944 \text{ грн}$$

3. Інвестиційні витрати

$$I = A \cdot C_2,$$

де A - поверхня зовнішніх стін = 120 м².

C_2 – вартість 1м² утеплення $C_2 = 150 \text{ грн/м}^2$

$$\text{Отже, } I = 120 \cdot 150 = 18000 \text{ грн}$$

$$SPBT = 18000 : 1944 = 9,25 \text{ років}$$

У випадку подальшого зростання цін на енергоносії термін окупності термомодернізації відповідно зменшується. Так, в Польщі за останні десять років після зростання ціни на енергоносії в середньому в 3 рази термін окупності термомодернізації складає 3-5 років.

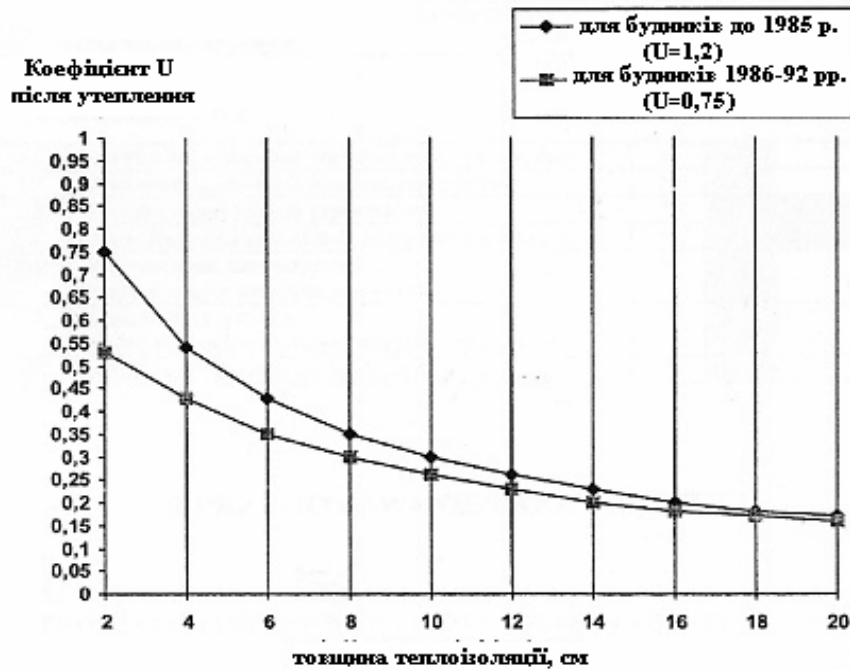


Рис.5.21. Крива залежності коефіцієнту теплопередачі для стін після утеплення в залежності від товщини ізоляційного шару

Енергоефективні будинки з низьким рівнем споживання енергії завоюють все більшу популярність також і в регіонах з жарким кліматом, бо потреба в комфорті та в кондиціюванні повітря невідносно зростає, що призводить до перебоїв у постачанні електроенергії. В той же час, в таких регіонах часто мають місце низькі теплоізоляційні стандарти. Разом з тим, інвестиції в кондиціонування призводять до суттєвого зростання коштів та енергоспоживання. Підрахунки Єврокомісії показали, що розширення потужностей виробництва енергії вимагає зростання затрат на 50-400% в порівнянні з економією енергії.

РОЗДІЛ 6

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ. ПАСИВНЕ БУДІВНИЦТВО – ТЕХНОЛОГІЯ МАЙБУТНЬОГО

Роботи з термореновації будівель і систем їх тепlopостачання, в основному житлового фонду країн ЄС, виконуються вже понад 15 років. Оскільки ці дії направлені не на відновлення, а на покращення енергетичних параметрів будівель, тобто зниження споживання енергії, перш за все тепла, їх стали називати термомодернізацією.

Результати термомодернізаційних заходів багатогранні, не на всіх об'єктах вони позитивні, але в основному їх можна кваліфікувати в наступні групи:

Зміна умов експлуатації приміщень

В результаті цих дій в житлових приміщеннях покращуються умови теплового комфорту. За рахунок зміни радіаційної температури на поверхні огорожень (підвищення в зимовий час і зниження в літній час - останнє стосується в основному перекриттів) можна добитися зменшення області термічного дискомфорту біля зовнішніх огорожень. У зв'язку з підвищенням температури на поверхні зовнішніх огорожень є доцільним знизити температуру повітря в приміщенні, зберігаючи необхідний тепловий комфорт з одночасним зниженням втрат тепла.

Зміна умов експлуатації зовнішніх огорожень

Результатом утеплення зовнішніх огорожень із зовнішнього боку є покращення їх параметрів і умов експлуатації в області:

- збільшення можливості використання акумулюючої (тепло) здатності огорожень;
- запобігання процесу утворення конденсаційної вологи всередині і на їх поверхнях;
- зменшення термічної напруги в зовнішньому шарі конструкції;
- затримання процесу корозії і зволоження дощовою водою, завдяки закриття нещільностей;
- продовження терміну експлуатації.

Зміни в роботі системи опалення і вентиляції

Утеплення огорожень та інші термомодернізаційні дії зменшують потребу тепла приміщень. До цієї нової потреби необхідно пристосувати систему опалювання. Якщо це не буде здійснено, можна чекати періодів, коли в будівлі встановлюватиметься підвищена температура. Що, у свою чергу, приводить до підвищення втрат тепла через інтенсивнішу вентиляцію. Економії тепла у такому разі важко чекати.

При заміні вікон на щільніші, часто спостерігається підвищення вологості повітря, що веде до погіршення якості повітря, а інколи може привести до утворення конденсату на поверхні огорожень. Ця ситуація вимагає застосування рішень, що стосуються забезпечення притоку свіжого повітря в приміщеннях іншим шляхом, минаючи вікна.

При хорошій, новій теплоізоляції зовнішніх огорожень (у тому числі і вікон) виникає можливість розміщення в іншому місці - не на зовнішній стіні, що не дуже раціонально - опалювальних приладів.

Системи опалювання доцільно оснащувати системою автоматичного регулювання (в даний час це вже вимога) і програмними пристроями оскільки це дає можливість отримання додаткової економії енергії.

Економія теплової енергії

Головний сенс термомодернізації полягає в покращенні експлуатаційних умов і економії тепла. Проте, реальні заощадження тепла в житлових, багатоквартирних будинках можна отримати і ретельно визначити тільки в разі застосування лічильників тепла (у будинку) і індивідуальної системи розрахунку за тепло (по квартирах). Сьогодні, це вже вимога будівельних правил.

Вибір рішення конструкції утеплень

Принципи будівельної фізики і досвід експлуатації огорожень, які утеплюють, показує, що найбільш раціональним є їх утеплення із зовнішнього боку. Одночасно виявляється, що зазвичай товщина шару утеплювача приймалася мінімальною, аби задовольнити будівельним вимогам по теплоізоляції. Неодноразово ця товщина буває

недостатня, у зв'язку з тим, що не проводиться ретельна діагностика огорожень і в розрахунках не враховується дійсна (знижена) теплоізоляція огорожень, містки тепла і тому подібне. До того ж, як правило, величини товщини шару утеплювача, що приймаються, не є оптимальними з погляду економіки, тобто при їх визначенні не враховувалося перспективне зростання цін на енергію.

Вдосконалення конструкції зовнішніх огорожень

Одним з помітніших результатів процесу утеплення зовнішніх стін існуючих будівель, є все більш широке застосування в новому будівництві, замість тришарової, двошарової конструкції стін. У двошаровій конструкції, зовнішній шар утеплювача захищається зовні тонкою штукатурною оболонкою і виконується за технологією прийнятою для утеплення.

Зміна архітектурного вигляду будівель

Проведення термомодернізації будівель дає можливість зміни або оновлення архітектурної зовнішності будівель. Завдяки широкій гаммі барвників для штукатурних шарів і різних архітектурних деталей, будівлі можна надати абсолютно нового, сучасного вигляду. Не дивлячись на досить тривалий період проведення термомодернізаційних дій в житловому секторі Польщі, результати від них могли б бути кращими. Це особливо стосується економії теплової енергії, вона могла б бути значно більшою, якби термомодернізація, в більшості випадків, проводилася комплексним чином, із застосуванням оптимальних рішень.

Термомодернізаційні дії є найбільш ефективні, якщо охоплюють, як конструкцію зовнішніх огорожень, так і інженерні комунікації і системи, які забезпечують будівлю теплом, повітрям, водою, електроенергією. У зв'язку з цим, термомодернізацію рекомендується проводити комплексно, тобто охоплюючи всі ланки будівлі, що впливають на енергоспоживання. **Комплексність** дій при термомодернізації, є її **першим принципом** (А.Уйма). У цій області, останнім часом видно прогрес. В процесі термомодернізації житлового сектора, в основному прагнуть дотримуватися цього принципу, проводячи паралельно модернізацію будівельних конструкцій і системи тепlopостачання будівлі.

В період проведення термомодернізаційних дій, паралельно з безпосереднім (пов'язаним із зростанням цін на енергію) економічним стимулюванням термомодернізації, вводилися нові, жорсткіші будівельні вимоги до теплового захисту будівель. Вимоги ці з 1998 р., встановлені ухвалою уряду, містять новий параметр, який характеризує теплотрати всієї будівлі. Тому в будівельних правилах, по відношенню до житлових будівель і будівель загального проживання (гуртожиток, притулок, інтернат будинок для пристарілих і тому подібне), існують два різних критерії теплового захисту:

- • критерій першого ряду - U_{\max} , Вт /($m^2 \cdot K$) - допустимий коефіцієнт теплопередачі окремих огорожень;
- • критерій другого ряду - E_o , кВт год/($m^3 \cdot рік$) - показник кінцевої витрати тепла на опалювання $1 m^3$ інтер'єру, за опалювальний період в межах будівлі.

Виконання критерію другого ряду є обов'язковим для багатоквартирних будівель і будівель загального мешкання.

Термомодернізаційні дії в Польщі проводилися при деякій фінансовій підтримці держави. Спочатку до середини 90-років, держава виділяла житловим кооперативам, у формі дотації засобу на фінансування частки робіт. Результати цих дій могли б бути більш відчутними, якби проектні рішення, що стосуються модернізації спиралися на економічну ефективність. На жаль, ці рішення охоплювали лише технічно-енергетичні параметри. З 1997 р. пропонується державою допомога ґрунтується на нових принципах, вона можлива тільки в разі проведення аналізу (аудиту) з вибором оптимального варіанту і розрахунку можливості погашення частки кредиту, призначеного на термомодернізацію, за рахунок заощаджень в оплаті за тепло. Таким чином, пропонується методика вибору рішення враховує окрім технічного і економічний аспект термомодернізації, і на цій основі показує оптимальний діапазон дій. **Оптимальність** дій при термомодернізації є її **другим принципом**.

Сучасне будівництво завдає величезного збитку навколишньому середовищу. У повному циклі технічного життя будівельного об'єкту, включаючи виробництво матеріалів, зведення, експлуатацію і знищення будови, період експлуатації, пов'язаний з величезним

споживанням енергії і забрудненням середовища при її виробництві. У зв'язку з цим, останнім часом все рідше стоїть перед будівельною проблемою впровадження таких рішень, які могли б припинити процес негативного впливу будівель на навколишнє середовище, в повному циклі їх технічного життя. Наголошується на необхідності введення збалансованих принципів дій, всіх галузей, у тому числі і будівельної, у вигляді т.з. збалансованого будівництва. Таким чином, аналіз прийнятих на даний час будівельних рішень повинен враховувати, окрім енергетичного і економічного, також екологічний аспект. На сьогодні цей аспект повинен ставати ведучим.

З вище вказаних аспектів підходу до енергозбереження в будівництві, витікають три основні принципи. **Третім принципом**, що відноситься до екології, є принцип збалансованого впливу будівлі на навколишнє середовище. Всіх цих принципів необхідно дотримуватись, вирішуючи не лише питання термомодернізації будівель, а також реалізуючи об'єкти нового будівництва.

Схема взаємозв'язку між основними аспектами і принципами, а також аудитом в енергозберігаючих діях в будівництві представлена на рис.8.1.

Аспект	Зв'язок	Принцип	Аудит
Технічний		Комплексності	Енергетичний
Економічний		Оптимальності	
Екологічний		Збалансованості	Екологічний

Рис.6.1. Схема взаємозв'язку між основними аспектами і принципами, а також аудитом в енергозберігаючих діях в будівництві

Метою теплового захисту будинків є забезпечення сприятливого для людини мікроклімату приміщень в будинках, при якнайнижчому споживанні енергії (найменших коштах). На мікроклімат приміщень у будинках впливають наступні чинники:

- температура (її величина, постійність, рівномірний розподіл в приміщенні);
- відносна вологість повітря;
- опромінювання (у т.ч. тонкими енергетичними полями першого та другого роду)
- швидкість руху повітря;
- забруднення повітря;
- іонізація.

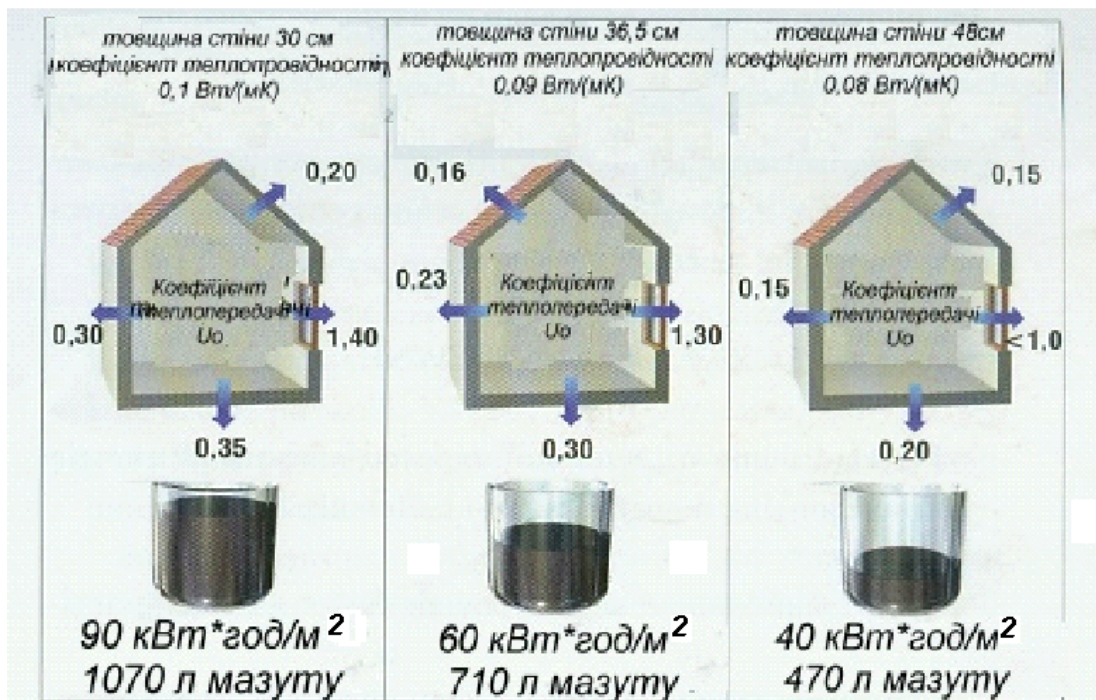
Якщо ці чинники забезпечуються в межах, які є найкорисніші для людини (оптимальні), то отримується тепловий комфорт, а саме:

- температура в приміщеннях утримується в межах 18-22°C взимку та нижче 26°C влітку;
- температура внутрішньої поверхні стіни відрізняється від температури приміщення не більше ніж на 3°C (для забезпечення комфорту першого рівня - більше ніж на 0,7 °C);
- відносна вологість в межах 35-55% (краще 50-55%);
- швидкість руху повітря не перевищує 0,15 м/с взимку та 0,25 м/с влітку (більше цих величин рух повітря відчувається як протяг);
- вміст CO₂ в межах 0,2-0,4% (принаймні нижче 3%);
- мало додатних іонів.

На мікроклімат всередині приміщення можна впливати, створюючи необхідну термічну ізоляцію та щільність будівельних перегородок, а також відповідний спосіб дії систем обігрівання та вентиляції.

Біоенергетичні впливи, як складова комфорту, регулюються виключно на системному конструкційному рівні (наприклад 3см утеплення приміщення з середини дозволяє знизити негативний вплив внутрішньої енергії приміщення на обмін речовин майже на порядок).

Енергію на опалення можна скоротити на 70-90%. На рис.6.2 представлена приблизна залежність потреби енергії на обігрівання залежно від основних термічних параметрів (коефіцієнт теплопередачі U) будинку площею 130 м² (Німеччина).



Втрати тепла теплопередачею

Рис.6.2. Потреба в первинній енергії на опалення

ТЕХНОЛОГІЯ ПАСИВНОГО БУДІВНИЦТВА – ДІМ МАЙБУТНЬОГО

Понад 20 років тому в Німеччині Вольфганг Файст із Дармштадту розробив концепцію енергетично пасивних будинків. Відтоді у світі побудовано чимало об'єктів згідно зі стандартами пасивного будинку. Різні організації і фірми нині активно пропагують технології, які у деяких випадках можуть цілком замінити традиційні методи спорудження будинків.

В «пасивному» будинку на опалення витрачається максимально 15кВтгод на 1м² за рік. Річне споживання первинної енергії в такому домі для покриття всіх енергетичних потреб (включаючи енергозабезпечення електро побутових приладів) не повинно перевищувати 120 кВтгод/м². Економія енергії в значній мірі компенсує необхідні інвестиції в енергозбереження, які, як правило, все ж на 5-15% більші середніх інвестицій.

Що це таке - пасивний будинок?

Так називають об'єкт із низькою енергетичною потребою (щонайбільше 15 кВтгод/м² протягом року). Настільки незначна потреба в енергії дає змогу відмовитися від традиційних систем обігрівання і охолодження. Конструктори-будівельники захоплені ідеєю створення будинку, який буде сам себе обігрівати й охолоджувати, в якому активні джерела енергії будуть замінені на пасивні, тобто на теплову енергію, що виділяється людьми у приміщення, працюючими електроприладами, теплом— як сонячним, так і вилученим із вентиляційного повітря. А якщо й передбачити в проекті традиційну систему обігрівання, то тільки для підтримки теплового режиму під час найхолодніших днів у році.

Однак поняття «пасивний будинок» зовсім не означає, що це **будинок із нульовою** потребою в енергії.

Характеристики пасивного будинку

Умовою зниження енергетичної потреби навіть до 90% має бути, з одного боку, майже повне виключення тепловтрат, а з другого — максимальне використання пасивного сонячного випромінювання.

Тепловтрати обмежують за рахунок:

- високоякісної ізоляції зовнішніх стін, даху, підлоги, — коефіцієнт теплопередачі стін і перекриття повинен становити $U \sim 0,1 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; товщина ізоляції стін — більш ніж 30 см,

даху— щонайменше 35 см, підлоги над ґрунтом — від 20 см (розрахунок для мінеральної вати або пінополістиролу). Фірми, які спеціалізуються на серійному виробництві пасивних конструкцій, виготовляють стіни, виконані з трьох шарів: середнього бетонного або керамзитового товщиною 15см та полістирольного з обох боків товщиною по 12,5см. Коефіцієнт теплопередачі для такої стіни $U=0,09$ Вт/м²К.

- будівельної столярки з коефіцієнтом теплопроникнення для рам нижче від 0,8 Вт/м²К з низькоемісійними потрійними склопакетами з U не вищим за 0,75 Вт/м²К та понад 50% рівнем пропускання сонячного випромінювання; віконна столярка повинна бути без мікровентиляції, тому що будинок має бути герметичне ізолюваним;
- інфільтраційної щільності (будинок повинен бути герметичним, — забороняється так зване «дихання» стін, всі отвори і з'єднання повинні бути щільно ізолюваними);
- ліквідації термічних містків;
- механічної вентиляції (оснащеної високоточними приладами контролю) із рекуперацією, що забезпечують відбір тепла на рівні 80%;
- ґрунтових теплообмінників;
- відповідної конструкції стін, що дає змогу акумулювати тепло.

Неабияке значення для максимального використання сонячної енергії має місце розташування пасивного будинку. Найкращий варіант — забезпечити:

- південну орієнтацію (на осі схід — захід, щоб більшість вікон виходили на південь);
- оптимальну кількість і відповідні розміри скляних перегородок;
- мінімум затемнення;
- раціональне планування приміщень відповідно до їх призначення (що сприятиме комфортному теплорозподілу),
- та відмовитися від балкону на користь тераси або виконати балкони окремою конструкцією, не сполученою з конструкцією стін. Габарити будинку мають бути компактними, з невеликою площею зовнішніх стін. Найоптимальнішою формою пасивної споруди визнано чотирикутний паралелепіпед із класичним двохскатним дахом. Ще один ефективний спосіб зниження потреби в традиційній енергії — застосування сонячних колекторів і батарей, pomp тепла тощо. Необхідно, щоб у пасивний будинок надходило якнайбільше сонячної енергії, — у всі приміщення, в яких перебувають люди.

Переваги пасивного будинку

Головна перевага пасивного будинку — дуже низькі експлуатаційні витрати. Ефективний відбір енергії, використання енергозберігаючих пристроїв, відмова від традиційних джерел енергії на користь відновлюваних, — все це дає змогу заощаджувати кошти на щомісячних рахунках (мінімізація вартості утримування будинку) та швидко повернути інвестиційні витрати. Крім того, пасивний будинок є екологічною конструкцією, сприятливою для його мешканців. В ньому не буває протягів, панує оптимальний температурний комфорт, повітря завжди чисте і свіже. Навіть взимку вікна із зовнішнього боку теплі. В такому будинку не утворюються грибки чи пліснява, підтримується оптимальний рівень вологості. Незалежно від пори року, мешканці пасивного будинку почуваються комфортно, — і взимку (без додаткових обігрівачів чи необхідності збільшувати потужність системи опалення), і влітку (без системи кондиціонування), адже з герметичного будинку тепло не втікає.

Нині для пасивних будинків пропонуються комплексні системи — з тепловою помпою для впливного повітря, контрольованою вентиляцією приміщень і бойлером для гарячої води.

Вартість пасивного будинку

В Німеччині у 1998 році були споруджені перші 250 стандартних пасивних будинків (рис.6.3). У наступні роки таке будівництво не припинялося. За даними німецького Passivhaus Institut утвореного у 1996 році др. Вольфгангом Фієста, загальна вартість їх будівництва не надто відрізнялася від вартості реалізації об'єктів такої ж площі за традиційними технологіями (Г.Шляговські).

У пасивному будинку немає традиційної системи опалення, котла, радіаторів. Однак більше коштів витрачається на забезпечення відповідної ізоляції і герметичності об'єкта (шар пінопласту чи мінеральної вати повинен бути на кільканадцять сантиметрів товстішим від традиційної технології) та на придбання високоякісних вікон. Додаткових витрат потребують і високоефективна система механічної вентиляції з рекуперацією, сонячні колектори й батареї, теплові помпи. На перший погляд здається, що все це астрономічно дорого. А між тим ще у проекті пасивного будинку можна передбачити систему механічної вентиляції з рекуперацією, яка потребуватиме невеликих коштів, адже можна придбати продукцію вітчизняних виробників. До того ж не забуваймо, що для пасивного будинку з механічною вентиляцією комини не потрібні. Зекономлені на комінах гроші частково покривають вартість механічної вентиляції.

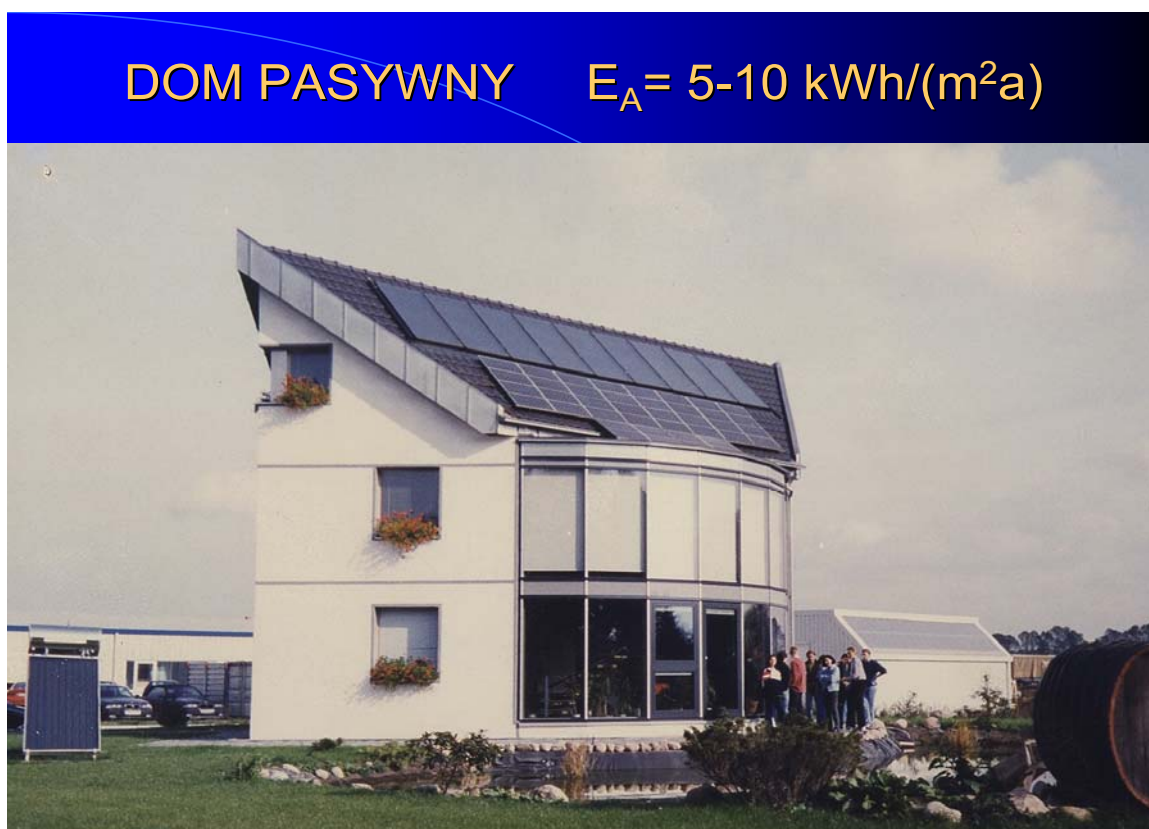


Рис.6.3. Пасивний будинок ($E_A = 5-10 \text{ кВтгод}/\text{м}^2 \text{ рік}$)

Вартість сонячних колекторів, використовуваних у пасивних будинках для приготування гарячої води, може бути різною: дешевші — плоскі колектори, дорожчі — вакуумні. Зрозуміло, що комплексна солярна система (із сонячними колекторами, системою для їх кріплення, бойлером з теплообмінником, помповою групою із запобіжним клапаном, електронною системою керування, незамерзаючою рідиною і тепловою ізоляцією) обійдеться дещо дорожче.

Вартість спорудження пасивного будинку приблизно на 30% вища від будівництва за класичною технологією. Однак експлуатація пасивного будинку набагато дешевша, тож вкладені у його зведення кошти швидко окупляться. Крім того, власник такого будинку стане енергетично незалежним, що особливо вигідно з огляду на постійне зростання вартості традиційних енергоносіїв, і водночас забезпечить себе житлом, що відповідає високим стандартам.

РОЗДІЛ 7 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПАСПОРТ ТА ЕНЕРГОАУДИТ БУДИНКІВ

У зв'язку з необхідністю економії енергії і теплоізоляції будинків у країнах ЄС пішли шляхом розробки спеціальних директив, призначених для стандартизації в країнах-членах ЄС будівельних нормативів з підвищення енергоефективності будівель. Основна мотивація розробки даних директив — підвищення ефективності використання природних енергетичних ресурсів у цих країнах, які є не тільки важливими джерелами енергії, але і найбільш суттєвими джерелами виділення вуглекислого газу. Зменшення виділення вуглекислого газу та інших парникових газів досягається шляхом ефективного використання енергії за рахунок розробки енергетичних паспортів будівель; визначення фактичних енергетичних витрат на опалення, кондиціонування повітря і гаряче водопостачання будівель; ефективної теплоізоляції нових збудованих будівель; регулярного огляду і контролю опалювальних котлів (потужністю вище 15 кВт); регулярного аналізу статей витрат енергії промисловими підприємствами і підвищення ефективності використання енергії; надання субсидій на державному рівні однієї третьої витрат, направлених на економію енергії.

«Енергетичний аудит — це технічне інспектування, енергогенерування й енергоспоживання підприємства з метою визначення можливості економії енергії і надання допомоги підприємству в здійсненні заходів, що забезпечують економію енергоресурсів на практиці.»

Термін енергоаудит прийшов до нас у країну на початку 90-х. Популяризації енергоаудиту ми, у першу чергу, зобов'язані міжнародним програмам TACIS і USAID.

Енергоаудит — порівняно нове поняття. Що слід розуміти під цим? Це — принципово новий вид робіт або певний комплекс послуг, що одержав окрему назву? Проводячи аналогію з бухгалтерським аудитом, можна було б припустити останнє, тобто що це — комплекс послуг з перевірки ефективності використання енергоресурсів на підприємстві. І все-таки подібні види робіт проводилися й раніше проектними, налагоджувальними й іншими спеціалізованими організаціями, хоча називалися вони по-іншому. Чи можна між цими роботами поставити знак рівності?

У системі Інтернет можна відшукати безліч сайтів, де дається визначення, склад і рекомендації із проведення енергоаудиту. Зі знайденої інформації можна зробити висновок про існування значних відмінностей у складі робіт з енергоаудиту, виконуваних різними організаціями. При уважному перегляді видно, що розходження в складах робіт у значній мірі визначаються тими конкретними завданнями, які передбачається вирішити за допомогою даного енергоаудиту.

Вимоги до енергоаудиту:

1. Насамперед, це загальна спрямованість на визначення ефективності енерговитрат підприємства й пошук оптимальних шляхів до їхнього скорочення.

2. Склад робіт умовно можна поділити на 4 етапи:

- 1 етап - обстеження підприємства і збір вихідних даних;
- 2 етап - обробка й аналіз вихідних даних;
- 3 етап - розробка енергозберігаючих заходів;
- 4 етап - техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів.

3. Ряд вимог згідно обсягу зібраних і аналізованих даних і за методикою виконуваних у рамках енергоаудиту робіт.

Результатом робіт з енергоаудиту є інформаційний продукт, оформлений у вигляді технічного звіту. Наданий Замовникові звіт у загальному випадку містить:

- короткий опис існуючого енергетичного господарства підприємства;
- перелік і технічні характеристики енергоустаткування;
- вказівки щодо проведення (у процесі виконання енергоаудиту) іспитів і застосованих методиках;

- характеристику роботи існуючих систем виробництва і споживання енергії з наданням відповідних графіків, діаграм і таблиць, де відбиті режими споживання і виробництва енергії, результати розрахунків енергетичних і матеріальних балансів, приводяться питомі видаткові характеристики на одиницю продукції, що випускається;
- аналіз існуючого положення із вказівкою недоліків і визначенням енерговитратних вузлів;
- рекомендації з описом пропонованих заходів, які при необхідності ілюструються відповідними схемами;
- результати розрахунків (аналогічні розрахункам для існуючої системи) з урахуванням впровадження запропонованих заходів;
- порівняльні характеристики роботи енергетичних систем до й після впровадження заходів і результати техніко-економічних розрахунків;
- список посилальних документів і використовуваної літератури, при необхідності до звіту приєднуються прикладені документи.

Різновиди енергоаудиту

По виду енергії розрізняють:

- ЕА систем електропостачання і електроспоживання;
- ЕА систем тепlopостачання і теплоспоживання;
- загальний (для обох видів енергії) — (просто) ЕА.

Залежно від погодженого із Замовником завдання, енергоаудит може різнитися по складу й ступені розробки заходів, що рекомендуються, аж до виконання деяких завдань, які звичайно виконуються при проведенні інших видів робіт, наприклад при проектуванні або складанні бізнес-плану. Однак основне призначення енергоаудиту носить попередній передпроектний характер. Спроби в рамках енергоаудиту вирішити не властиві йому завдання, проігнорувавши, наприклад, таку стадію як проектування, у більшості випадків не виправдані.

Реальна цінність енергоаудиту

1. Основним продуктом енергоаудиту, що обов'язково для всіх його різновидів, є інформація, яка дає повне уявлення про постачання і споживання енергії підприємством. У ній повинні бути ясно представлені, як величини енергетичних потоків (у тому числі і теплоносіїв, представлених у натуральних одиницях виміру), характерні для визначених моментів виробництва, так і загальні величини, споживані або, що розподіляються за визначені періоди виробництва. Ця картина повинна бути в достатній мірі деталізована з вказівкою кількостей енергії, що розподіляється по підрозділах, по вузлах виробництва, аж до окремих споживачів.

Ступінь деталізації може бути заздалегідь обговорена при складанні завдання до енергоаудиту. У випадку теплового або загального енергоаудиту окремо повинні бути представлені теплові потенціали (ентальпія або температура) і кількісні (потоків і загальні) величини середовищ (пара, вода, і т.д.), які потенційно становлять інтерес як вторинний теплоносій.

Така інформація коштвна сама по собі, оскільки служить вихідним матеріалом для планування й розробки всіх наступних змін, внесених у виробництво. У наших умовах ця інформація подвійно коштвна, оскільки через технічні й організаційні недоліки системи контролю й обліку на підприємстві його персоналу важко або неможливо самотужки одержати подібну інформації з такою ж ступеню вірогідності.

2. Другим продуктом енергоаудиту є інформаційний блок, який вказує окремі й загальні недоліки систем енергопостачання й енергоспоживання, шляхи їхнього усунення й рекомендації з удосконалювання систем, а також ефективність впровадження заходів, що рекомендуються. Другий блок створюється на основі першого й цінність його визначається не стільки глибиною пророблення пропонованих рішень, оскільки правильністю їх вибору, правильним визначенням пріоритетності їх впровадження з урахуванням взаємного зв'язку пропонованих мір.

Від 1 січня 2008 року новими нормами проектування теплової ізоляції будинків вперше в Україні передбачається складання енергетичного паспорта.

Енергетичний паспорт будинку — документ, що містить геометричні, енергетичні й теплотехнічні характеристики будинку, що проектується або експлуатується, та встановлює їх відповідність вимогам нормативних документів.

Енергетична ефективність будинку — властивість теплоізоляційної оболонки будинку та його інженерного обладнання забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень під час фактичних або розрахункових витрат теплової енергії на опалення будинків.

Питомі витрати теплової енергії — показник енергетичної ефективності будинку, що визначає витрати теплової енергії на забезпечення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалюваної площі або об'єму будинку

Клас енергетичної ефективності — рівень енергетичної ефективності будинку за інтервалом значень питомої витрати теплової енергії на опалення будинку за опалювальний період.

Замовники будівництва, як правило, стурбовані величиною єдиного фізичного параметра проєктованого будинку, а саме — його площею, тоді як, спостерігаючи за нестримним зростанням вартості палива, їм варто було б звертати більше уваги на енергетичні параметри майбутньої споруди. З кожним роком сплачувати за опалення будинку й за кондиціонування повітря в ньому доведеться все більше.

Втім, дорікати замовникам за відсутність інтересу до енергетичних характеристик будинку було б не зовсім правильно, адже його найголовніші енергетичні параметри в проєктах не фіксуються. Тільки після того, як енергетична паспортизація будинків стане реальністю, буде створена основа для проєктування й будівництва будинків з низьким споживанням енергії.

Разом з тим, документ, обов'язкове складання якого при проєктуванні регламентується новим нормативом, було б вірніше назвати не енергетичним паспортом, а свідченням про теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій будинку. Він повинен містити дуже докладну інформацію про термічний опір стін, вікон і покриттів будинку, але особливості його інженерного обладнання, що споживає під час експлуатації теплову й електричну енергію, у документі відобразитися не будуть. Будинки, які споруджувались раніше, споживають багато теплової енергії не тільки тому, що недостатньо захищені від зимової холоднечі, а й тому, що їхнє інженерне обладнання недосконале. Будинки, які споруджуються тепер, незважаючи на те, що їхній тепловий захист більш надійний, споживають багато енергії, оскільки системи інженерного обладнання цих будинків ще далекі від досконалості.

Впливаючи на споживання енергії будинками шляхом удосконалювання норм їхнього проєктування, можна лише частково вирішити проблему, тому що енергія витрачається упродовж всього періоду експлуатації будинків, і проєктні рішення, якими б досконалими вони не були, не є визначальними, хоча їх важливість незаперечна.

Енергетична ефективність будинків залежить головним чином від якості їхньої експлуатації, що визначається не тільки наявністю сучасних приладів, а й відповідною організацією експлуатаційних служб. Можна спорудити сучасний, добре захищений від теплових втрат будинок, обладнаний найкращими інженерними системами з автоматикою найвищого технологічного рівня, але якщо ця автоматика не буде працювати, будинок споживатиме більше енергії, ніж старі будинки.

Разом з тим проєктні рішення повинні створювати можливості для організації ефективного використання енергії всюди, де ця енергія витрачається. І якщо енергетичний паспорт будинку не буде відображати ступеня досконалості його інженерних систем, то він потрапить у довгий ряд уже давно існуючих рутинних документів, які складаються «для галочки» і на які мало хто звертає увагу після того, як вони складені.

У Директиві Європейського парламенту й Ради Європи 2002/91/ЄС від 16 грудня 2002 року про енергетичну ефективність будинків* у пункті 10 преамбули записано:

Енергетичну ефективність будинків необхідно розраховувати на підставі методик, які можуть відрізнятися по регіонах, але повинні містити в собі не тільки фактори теплової ізоляції будинків, а й інші фактори, значення яких з часом все більше зростає, а саме: ефективність систем опалення, кондиціонування й устаткування, що використовує відновлювані джерела енергії.

Звідси випливає, що енергетичний паспорт будинку повинен відображати рівень споживання енергії його інженерними системами, з урахуванням можливостей сучасних технологій теплового захисту, застосування й бездоганного функціонування ефективного устаткування, здатного забезпечити рівень комфорту, властивий будинкам, що будуються в наш час.

Саме такий підхід до складання енергетичного паспорта будинку лежить в основі проекту Державного стандарту України (ДСТУ) «Енергетична ефективність будинків», підготованого Центром енергозбереження КиївЗНДІЕП. Передбачається, що обов'язкове складання енергетичного паспорта відповідно до ДСТУ буде введено через один-два роки після того, як набудуть чинності вимоги про складання енергетичного паспорта згідно з ДБН «Теплова ізоляція будинків».

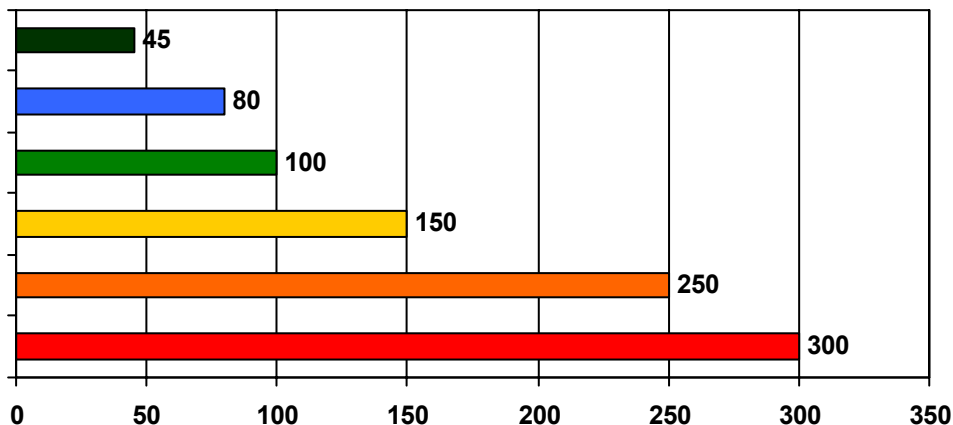
Відповідно до проекту ДСТУ, кожний проєктований будинок має бути віднесений до одного із класів енергоіндексації. Всього в європейській енергоіндексації є сім класів, які позначаються літерами А, В, С, D, E, F, G. В табл.7.1 приведена енергетична класифікація будинків.

Таблиця 7.1

Енергетична класифікація будинків

Енергетичний клас	Енергетична оцінка	Показник ЕА (кВтгод/м ² рік)
A+	Пасивний	до 15
A	Низькоенергетичний	від 15 до 45
B	Енергоощадний	45 до 80
C	Середньоенергоощадний	80 до 100
D	Середньоенергоємний (задовольняє актуальні вимоги)	100 до 150
E	Енергоємний	150 до 250
F	Високоенергоємний	понад 250

Сезонний показник затрат тепла для опалення будинку в стандартному опалювальному сезоні.



Проектом ДСТУ визначений порядок віднесення житлових і громадських будівель до відповідного класу за даними проекту.

На передпроектній стадії клас будинку визначають за ознаками, вказаними у табл.7.2. Замовник проекту вказує у Завданні на проектування, що будинок, проект якого він замовляє, повинен відповідати вимогам певного класу енергоіндексації. Проектувальник, користуючись даними табл.7.2, закладає у проект технічні рішення, що відповідають вимогам цього класу.

Таблиця 7.2.

Визначення класу енергоіндексації будинків на передпроектній стадії

Клас	Характерні ознаки класу
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких не перевищує мінімальних значень, встановлених нормами проектування. У системах інженерного обладнання не застосовано технічні рішення, рекомендовані в розділах «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 10-20% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У системах інженерного обладнання не застосовано технічні рішення, рекомендовані в розділі «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 20-30% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У будинку застосовано окремі технічні рішення, рекомендовані в розділі «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування, наприклад, запроектовано окремі вентиляційні системи з рекуперацією тепла витяжного повітря.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 30-35% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У будинку застосовано кілька технічних рішень, рекомендованих у розділі «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування, наприклад, всі основні вентиляційні системи запроектовані з рекуперацією тепла витяжного повітря.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 35-40% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У системах інженерного обладнання застосовано більшість технічних рішень, рекомендованих у розділі «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування, наприклад, всі основні вентиляційні системи запроектовані з рекуперацією тепла витяжного повітря, для гарячого водопостачання використовується тепло конденсації холодильного агента системи кондиціонування, а для тепlopостачання частково використовується енергія навколишнього середовища, перетворена в теплових помпах.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 40-65% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У будинку застосовано всі технічні рішення, рекомендовані в розділі «Вимоги до енергозбереження» відповідних норм проектування. Для тепlopостачання будинку використовується енергія навколишнього середовища, перетворена в теплових помпах, а також сонячна енергія.</i>
	<i>Будинок з огорожувальними конструкціями, термічний опір яких на 65-100% перевищує значення, встановлені нормами проектування. У будинку застосовано новітні світові технології, за якими обладнують сучасні пасивні будинки.</i>

Будинки з енергетичною ефективністю, що не відповідають вимогам класу С, відносять до споруд, які не відповідають стандарту енергоефективності, і їм клас енергоіндексації не присвоюється.

Щоб визначити клас будинку на основі робочого проекту, потрібно оцінити такі його параметри:

- узагальнений термічний опір огорожень;
- питому теплову потужність всіх систем, що споживають тепло;
- питому теплову потужність відновлюваних джерел енергії;

- річне споживання теплової енергії системами, що споживають тепло;
- питоме річне використання відновлюваної теплової енергії;
- питоме річне споживання первинного палива;
- питома кількість вуглекислоти, що викидається у повітря.

Всі ці параметри, розраховані відповідно до вимог ДСТУ, необхідно порівняти з відповідними контрольними показниками будинку. Контрольні показники, що є частиною ДСТУ, розроблені для основних типів житлових і громадських будинків.

Контрольні показники будинків, віднесених до найнижчого класу С, розраховані за чинними нормативами, за якими проектують огорожувальні конструкції будинків і системи теплоспоживання. Контрольні показники кожного наступного класу поступово підвищуються. Наприклад, відновлювані джерела енергії, обов'язкове застосування яких не передбачається чинними нормами проектування, необхідно застосовувати в будинках, починаючи з класу D і вище.

Загальним енергетичним показником будинку є питома річна витрата первинного палива (виражена в кілограмах нафтового еквівалента), віднесена до 1 м^2 загальної площі будинку. При цьому потрібно враховувати витрати палива не тільки на опалення, а й на вентиляцію і гаряче водопостачання, а також на виробництво електроенергії, яку споживають двигуни вентиляторів pomp і компресорів, використовуваних у системах інженерного обладнання будинку.

В оцінці сучасних проектів важливим фактором є екологічна чистота споруди. Тому в число контрольних показників включено кількість вуглекислого газу, що викидається в сферу під час згорання палива, тепло якого використовується в системах інженерного обладнання будинку. Ця величина, визначена безпосередньо з обсягу витрати первинного палива, є важливим показником, що враховує забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, енергетична ефективність будинку оцінюється за декількома параметрами, і за кожним з них визначається клас енергоіндексації. Може трапитись так, що, наприклад, за величиною узагальненого термічного опору огорожувальних конструкцій будинку буде віднесено до класу С, за питомим річним споживанням теплової енергії системою опалення — до класу F, а за іншими параметрами — до класів D і G.

Загальний інтегрований за всіма параметрами клас будинку визначають за вимогами, викладеними у ДСТУ.

Енергетична ефективність будинку характеризується його загальним класом.

Енергетичний паспорт повинен складати головний інженер проекту, відповідальний за розділ ОВ, після розробки робочої документації на об'єкт. Якщо ми хочемо, щоб такий документ складався відповідально, а не формально, ця робота повинна оплачуватися. Енергетичний паспорт будинку, яким би досконалим він не був, не може зменшити витрати палива, але він може стати рушієм стимулювального механізму. Приводити цей механізм у рух можуть тільки два стимули. Необхідно, щоби будувати енергоефективні будинки було вигідно й престижно. Перший із цих стимулів почне працювати сам по собі через кілька років, коли ціни на паливо в Україні досягнуть європейського рівня. Але щоб цей механізм запрацював уже сьогодні, варто подумати про організаційні заходи, які сприятимуть підвищенню престижності будівництва споруд з низьким споживанням енергії.

Житлові будинки проектуються і будуються з метою забезпечення охорони людини від впливу зовнішніх кліматичних чинників та отримання в середині приміщень необхідного теплового комфорту та якості повітря. Тому для кожного будинку повинно бути запроектовано і виконано наступне:

- зовнішні огорожувальні конструкції повинні задовольняти вимогам теплової ізоляції будівель;
- відповідна системи опалення;
- відповідна системи вентиляції.

На рис.7.1. показано етапи проектування енергоощадних будинків.



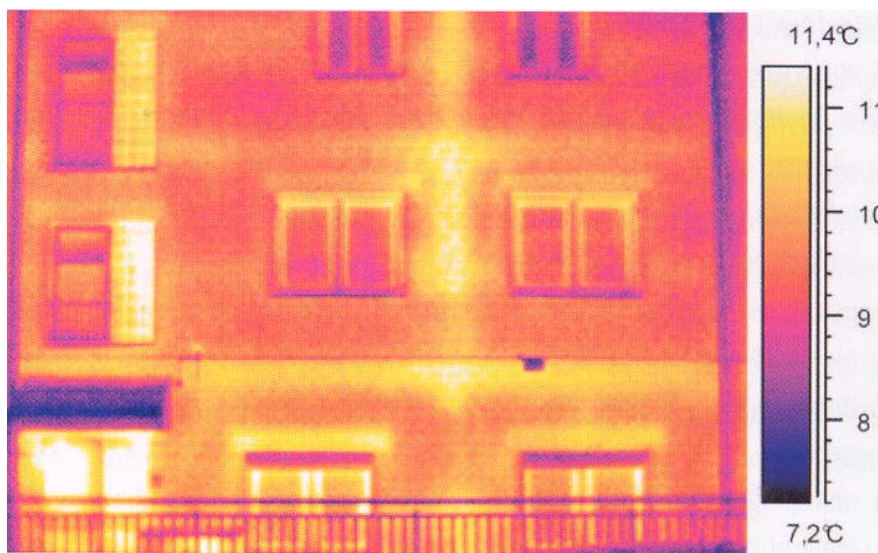
Рис.7.1. Етапи проектування енергоощадних будинків

КОНТРОЛЬ ТЕПЛОЗАХИСТУ

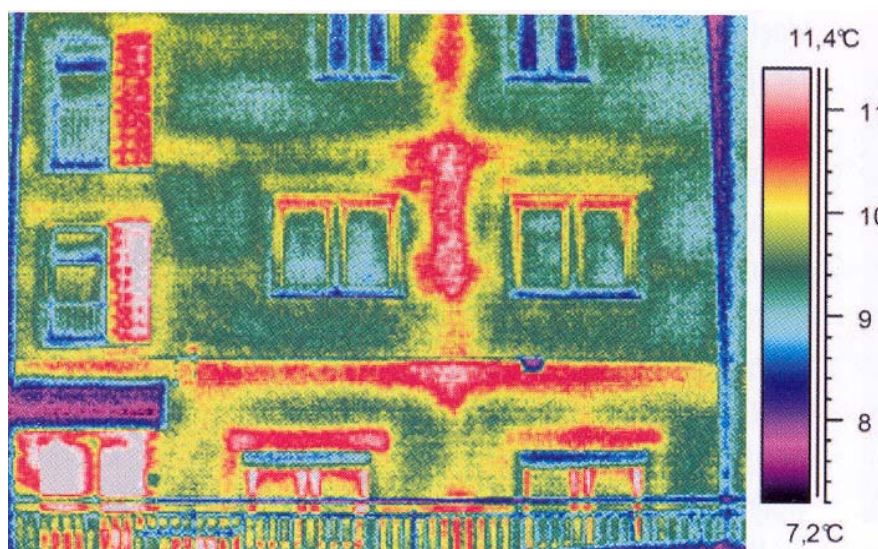
У процесі зведення будинків, а також при здаванні будинку в експлуатацію нові норми вимагають проводити для кожного об'єкту тепловізійний контроль якості теплозахисту для виявлення будівельних дефектів. Правила контролю дозволяють за інтенсивністю теплового випромінення поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків дистанційно виявляти в них термічні неоднорідності, в зокрема, непередбачені проектом, з метою усунення скритих дефектів при проведенні будівельних робіт.

Метод базується на вимірюванні інтенсивності теплового випромінення як функції температури поверхні огорожуючої конструкції та фіксації її за допомогою тепловізора у вигляді термограми (рис.7.2). Тепловізійному контролю підлягають зовнішні та внутрішні поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій. Спочатку виконують загальний тепловізійний контроль зовнішніх поверхонь огорожуючих конструкцій з метою виявлення аномальних зон з порушеними теплозахисними властивостями, а тоді отримують більш детальну термограму виявлених зон шляхом тепловізійного знімання теплових випромінень з зовнішньої та внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій.

Вибірковий енергоаудит будівель проводиться шляхом натурних випробувань (моніторингу) для визначення їх фактичних теплотехнічних та енергетичних параметрів. Енергоаудит будинку складається з послідовних заходів (рис.7.4), спрямованих на збирання фактичних даних (моніторинг), їх обробку та визначення нормалізованих приведених до розрахункових умов) значень показників енергетичної ефективності та теплозахисних властивостей будівлі. Енергетичний аудит проводиться не раніше, ніж під час другого опалювального періоду і при заселеності квартир будинку не менше 70. Результатом енергоаудиту є встановлення класу енергетичної ефективності будівлі.



а



б

Рис.7.2. Термограми огороджуючих конструкцій

АЛГОРИТМ ПОСЛІДОВНОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТУ



Рис.7.4. Послідовність проведення енергоаудиту будинку для складання енергетичного паспорту

Згідно з даними Г.Г.Фаренюка та Ю.М.Матросова, починаючи з 2008 р., оцінку енергетичної ефективності можна здійснювати за об'ємами нового житлового будівництва. Відповідно до прогнозу Кабінету Міністрів України у 2008 році планується звести 11,5 млн. м² житла з наступним щорічним зростанням на 1 млн. м². Розрахунковий енергозберігаючий ефект по паливу, що витрачається на вироблення теплової енергії в системі тепlopостачання цих будинків, до кінця 2011 року складатиме 47 ПДж, що еквівалентно 1,7 млн. т у.п.

Очікуване зниження викидів CO₂ за 2008 рік складе 267 тис. т, а до кінця 2011 року ця величина зросте до 2,9 млн. т.

Таким чином, з розробкою енергозберігаючих норм нового покоління Україна вступає на шлях створення енергоефективних будівель, що сприяє забезпеченню енергетичної безпеки України. Нові норми стимулюють промисловість будівельних матеріалів України на випуск нових прогресивних будівельних матеріалів та виробів на рівні світових стандартів, зокрема, на збільшення випуску високоякісних ефективних стінових та теплоізоляційних матеріалів, енергозберігаючих огорожуючих конструкцій та енергоефективних вікон, що сприяє зростанню зайнятості населення, призводить до суттєвого енергозбереження, підвищує тепловий комфорт у приміщеннях будинків та знижує залежність внутрішнього середовища будинків від аварійних та екстремальних ситуацій.

Враховуючи вищенаведене, Львівською обласною держадміністрацією розроблена програма енергозбереження для бюджетної сфери і населення, реалізація якої дає змогу районам та містам області розпочати перехід власних економік на інноваційний шлях розвитку, що, в свою чергу, забезпечить створення нових робочих місць в секторі виробництва ефективних імпортозаміщуючих енергозберігаючих матеріалів та технологій.

При цьому ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі надовго залишатиметься надзвичайно важливим завданням на шляху до забезпечення соціально-економічного розвитку Львівщини та енергетичної незалежності України в цілому.

РОЗДІЛ 8. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Наявність енергії – найнеобхідніша умова для вирішення практично будь-якого завдання. Комфорт у домівках, транспортні потоки і робота промисловості – все це вимагає витрат енергії. Враховуючи, що для зручності використання енергії ми змушені неодноразово перетворювати її з одного виду в інший, а при кожному перетворенні відбувається втрата її частки, питання технологій видобутку та перетворення набуває неабиякої ваги. Загалом сьогодні на різного роду енергетичних перетвореннях втрачається понад половина виробленої енергії. При цьому, за всі втрати в енергетиці, як правило, платить кінцевий споживач.

Висновок: Першою існуючою проблемою сучасної енергетики є нераціональні та технологічні втрати енергії. На вирішення проблем втрат пріоритетно спрямовуються кошти бюджетів і бізнесу, витрачається людський ресурс та науковий потенціал.

Рекомендація: Максимальне використання теплового потенціалу без перетворень (тепло землі на влаштування теплових екранів).

У цьому блоці мала та альтернативна енергетика – енергетика майбутнього. Її невичерпність (поки світить сонце!), автономність, безпека та економічність – достатня гарантія цього твердження. Звідси висновок – у XXI столітті інноваційна енергетика для країн стає базисним ресурсом розвитку. За оцінками вітчизняних фахівців умови для формування в Україні Національної Інноваційної Енергетичної Системи (НІЕС) можуть бути створені протягом 3-х років – фактично до 2010 року. Оцінка зазначених вище можливостей базується на оцінці загальних тенденцій розвитку та наслідків попередньої світової енергетичної стратегії.

Зокрема, у світі:

- Прогнозована нестача і висока вартість «традиційних» видів енергетичних палив та енергії.
- Надвисокі збитки, що наносяться сучасною енергетикою оточуючому навколишньому природному середовищу, як максимум - загрожують існуванню людської цивілізації, як мінімум – заважають її розвитку.
- Спроби вдосконалення існуючих сьогодні промислових способів отримання енергії заходять у глухий кут.
- Найбільш поширені сонячні, вітряні та припливні електростанції – недостатньо ефективні.
- Більшість країн світу і найпотужніші корпорації (Daimler-Chrysler, Toshiba, Ford Motors, Ruhrgas, BP Amoco, Royal Dutch Shell, Exxon, Arco та інші) інтенсивно ведуть власні розробки у галузі «нетрадиційної» енергетики.

Пострадянські країни (перш за все - колишні країни СРСР)

- Потенціал науки і техніки пострадянських країн у галузі нетрадиційної енергетики і створення нових типів двигунів є значно більшим за той, що був на початку робіт з освоєння атомної енергії. Прототипи таких енергетичних установок можуть бути створені протягом 2-3 років при незначному обсязі фінансування. За оцінками фахівців на запуск більшості прототипів необхідне фінансування знаходиться в межах від декількох сот до мільйонів доларів.
- У цьому розрізі велика політика закордонних країн, перш за все США, на чітко скоординованому державному рівні зводиться до масштабних зусиль із вилучення на власну користь первинних носіїв інформації. Зокрема, протягом лише останніх 20-ти (1985-2005) років, лише з України еміграція наукових працівників і лише до США

перевищила 40 тис. осіб. Скільки їх у країнах ЄС та інших країнах світу на сьогодні точно невідомо.

У понятійний апарат технологій альтернативної енергетики входять пристрої, які виробляють електричну та теплову енергію за принципами, відмінними від основних засобів енергетики сьогодення, що працюють на вуглецевій сировині та ядерному паливі і використовують інші джерела енергії (наприклад, силу вітру, енергії сонця, накопичену енергію землі тощо).

До нетрадиційної та альтернативної енергетики на загал відносять: сонячну енергетику, вітроенергетику, енергію біомаси, хвильову потужність світового океану, градієнт-температурну енергетику, енергію градієнт-солоності, енергію ефекту запам'ятовування форми, припливну та геотермальну енергетику.

Висновок: Вичерпність вуглеводневого палива призводить до його постійного подорожчання і змушує до переходу на інші, перш за все відновлювальні, джерела. Тобто, ресурсом розвитку цивілізації на перспективу стає інноваційна енергетика.

За оцінкою Міжнародного економічного форуму відновлювальних джерел енергії IWK (Internationales Wirtschaftsforum Regenerativer Energien), у 2000-2010 рр. щорічні світові продажі нових видів енергії і технологій зростуть майже утричі – з 12 млрд. до 30 млрд. євро. Цікавою у цьому контексті видається політика основних гравців на енергетичному ринку, які поступово і без зайвого галасу та суєти здійснюють нову енергетичну стратегію – продають старий безперспективний бізнес (видобуток та переробка нафти, експлуатація АЗС тощо) компаніям другого ешелону і втискаються в енергетику альтернативну та нетрадиційну, незалежно від того, чи це сонце, чи вітер, чи геотермальні джерела. British Petroleum, Royal/Dutch Shell та інші нафтові гіганти Заходу і не тільки Заходу, починаючи від першої енергетичної кризи (1973-1974 роки), поступово інвестують у нетрадиційну енергетику, забезпечуючи цим постійне зростання ринку на 24-32%. Зокрема :

- Англійська Financial Times повідомляє, що англо-голандський нафтовий гігант Royal Dutch/Shell має наміри щорічно інвестувати від 500 млн. до 1 млрд. дол. США у нетрадиційну енергетику. При цьому, Карен де Сегундо, генеральний директор Shell Renewables, повідомляє, що новий проект стосується, в основному, сонячної і вітрової енергетики. Компанія розраховує зайняти перші позиції у найбільш активно зростаючому сегменті ринку, але вивчає перспективи геотермальної енергетики, побудованої на принципах отримання тепла від земної кори, і методи використання біомаси. Shell вже створила самостійну компанію, яка займається водневою енергетикою. Як і інші провідні нафтові компанії, Shell завчасно готується до тих недалеких змін, коли розробка та видобуток вуглеводневого палива перестане приносити прибутки.
- BP – лондонський конкурент Shell - розраховує у 2007 році отримати понад 1 млрд. доларів США від реалізації на енергетичному ринку електроенергії, отриманої від сонячних батарей (фотовольтанічна енергія). Для цього, зокрема, Shell спільно з німецькими компаніями Siemens і Eon створила підприємство для пошуку економічно ефективних рішень у створенні та використанні сонячних батарей. За даними, наведеними Карен де Сегундо, на це підприємство сьогодні вже припадає понад 15% світової фотовольтанічної енергії.
- пріоритетом ABB є відновлювальні джерела енергії. За повідомленнями французького видання Usine Nouvelle, у крупної шведсько-швейцарської групи електротехнічного машинобудування немає відділень Power Generation та Alstom Power. Отже, ABB припинила випуск обладнання для традиційних електростанцій (як безперспективного) і залишила за собою виробництво обладнання з передачі та розподілу електроенергії. Водночас, група прийняла рішення щодо пріоритетного розвитку діяльності у галузі альтернативної та відновлювальної енергетики.

Така поведінка компаній відповідає власним стратегіям їх розвитку та загальній політиці в рамках ЄС, відповідно до якої перед країнами ЄС стоїть завдання до 2010 року забезпечити отримання з відновлювальних джерел до 22,15 % електричної енергії.

При цьому, частка відновлювальних джерел у світовому виробництві електроенергії протягом зазначеного періоду залишатиметься майже незмінною (на рівні 20%). Відповідно до вищенаведеного, за прогнозом ІWK період 2005-2010 рр. є надзвичайно сприятливим для виробників обладнання, орієнтованого на використання енергії з відновлювальних джерел.

Вважається, що сумарна вартість обладнання, яка за цінами реалізації у 2005 році становила 13,8 млрд. євро, щорічно зростатиме щонайменше на 20-30 % і у 2010 році становитиме приблизно 35 млрд. євро.

Висновок: Період 2005-2010 р. є надзвичайно сприятливим для виробників обладнання, орієнтованого на використання енергії з відновлювальних джерел. Сума прогнозованих контрактів на таке обладнання протягом зазначеного вище періоду перевищить 130 млрд. євро.

Альтернативна енергетика:

Данія. Світовий лідер у галузі освоєння альтернативної енергії. Сьогодні відмовляється від альтернативної енергетики. «Економічна доцільність» стала вищою за «екологію». Причина, з якої уряд цієї країни відмовляється від попереднього пріоритету: ідеологія й лібералізація енергоринку Європи, конкуренція та економічні вигоди. При цьому, безумовно, рішення прийняті на користь «енергоринку», залишається явищем тимчасовим і таким, що не визначатиме політику країни на середньострокову перспективу.

Німеччина. Родзинка держави - системний підхід до вирішення проблем та проекти, розроблені у рамках представленої стратегії розвитку альтернативної енергетики, які гарантуватимуть поступовий розвиток держави на перспективу. Системний підхід – це, так званий, «зелений кабінет» (комісія статс-секретарів різних міністерств з питань поступального розвитку) під керівництвом держміністра у відомстві федерального канцлера. Серед відомих пілотних проектів: «Офшорні вітрові парки», «Віртуальні електростанції», «Автомобіль з нулевою емісією».

Австрія. Орієнтування на солярну енергетику та накопичену енергію ґрунтів дозволяє отримувати до 50% енергії на цілі опалення за рахунок альтернативних джерел. Плани на 2020 рік – 80%.

США. У цілому, США досягли великих успіхів у справі економії електрики. Зокрема, протягом останніх 10 років США розвивають власну економіку без збільшення енергетичних потреб. І при цьому стан галузі на думку експертів і політиків у перспективі створює загрозу енергетичній безпеці країни і втрати США ролі лідера світової економіки. У відповідь на сформульовані загрози Президентом США було представлено енергетичну Програму розвитку альтернативних джерел енергії та енергозбереження, вартість заходів якої щорічно становитиме понад 500 млн. дол. США. В рамках Програми запропоновано до 2010 року встановити 1 млн. фотовольтанічних дахів для перетворення сонячного світла на електричну енергію.

Сьогодні вже понад 80 країн світу активно використовують геотермальне тепло. У більшій частині з них (75) утилізація цього виду природного тепла досягла рівня будівництва теплиць, басейнів, опалення житлових та адміністративних будівель, вироблення електричної енергії.

Висновок: Світове суспільство знаходиться на етапі формування ринку альтернативних джерел і роблять це перш за все потужні гравці. Період 2005-2010 років у світі - це період розробки інструментів переходу економік розвинених країн на альтернативні джерела енергії з розробкою сучасних енергоефективних технологічних процесів, нових принципів

отримання енергії та нового типу обладнання. За допомогою пілотних проектів у галузі енергетики (паралельно з відмовою від атомарної енергетики) у світі відбувається перехід на інноваційні і стабільні структури видобутку енергії та її використання. Для України це - період осмислення безальтернативності енергозбереження, вихід на світові ціни на енергоносії за умов їх стрімкого подорожчання.

Проблеми вітчизняного ресурсозбереження

Сьогодні, враховуючи декларативні ринкові перетворення в енергетичному секторі, використання сировинних ресурсів залишається на попередньому рівні, так як це було 10, 20 і 30 років тому. Зокрема, витрати електроенергії на 1 дол. США ВВП у розвинених країнах становлять 0,46 кВт/год, США - 0,52 кВт/год, Росії (!) – 4,7 кВт/год, в Україні 4,86 кВт/год (2000 рік – 5,67 кВт/год). При цьому, частка електроенергії у структурі собівартості перевищує 40%, в той час як у розвинених країнах - 5%. Не краща ситуація і у побутовому секторі споживання енергетичних ресурсів, зокрема, на цілі опалення. Так, якщо у Європі цей показник є в межах 100 кВт*год/кв.м*рік, то в Україні перевищує 240 кВт*год/кв.м*рік (сучасна вітчизняна норма - 160 кВт*год/кв.м*рік). Не поодинокі випадки, коли реальне споживання енергії на цілі опалення перевищує і 600 кВт*год/кв.м*рік. Відповідно, не випадковою є ситуація, коли імпортна продукція порівняно із вітчизняною для оптовиків, закупівельників, перепродавців є значно дешевшою і більш конкурентоспроможною. Щодо комунальних платежів, то при «не світових» цінах на енергоносії ціни на послуги давно вийшли за межі розумного.

Висновок: Основний висновок: Україна обирає відтворення та модернізацію старої енергетичної Технологічної Платформи. Держава розуміє «малу і нетрадиційну енергетику» як частину енергозбереження (економія енергії як джерело енергії). При цьому, саме розуміння енергозбереження на державному рівні зводиться до підвищення коефіцієнтів перетворення енергії та зменшення її втрат у процесі транспортування.

Висновок: Ресурси держави спрямовуються здебільшого у засоби перетворення вуглеводневого і атомного енергетичного матеріалу і значно менше (практично на рівні експериментів) - на впровадження другого покоління перетворювачів традиційного енергетичного матеріалу.

Висновок: Сьогодні економія енергоресурсів у тричі ефективніша за її видобуток.

Мала та альтернативна енергетика (проблематичний блок)

Серед переваг:

1. Психологічний аспект: виробництво енергії є наближеним до кінцевого споживача, який (за умов правильної політики) відчуває відповідальність за стан електростанції (котельні).
2. Незалежність від місцевих енергетиків та тепловиків з їх монопольними тарифами та безальтернативним забезпеченням енергією і теплом.
3. Мала концентрація капіталів на створення або проведення модернізації, з швидкою і зрозумілою окупністю проектів та відповідними можливостями щодо залучення інвестицій.
4. Створення альтернативного конкурентного енергоринку з локальними енергетичними мережами (вирішення питання оновлення та надійності забезпечення).

Основна проблема: нестача і висока вартість майже всіх видів сировини, матеріалів, палива, теплової та електричної енергії. Запаси корисних копалин швидко зменшуються, а їхній видобуток ускладнюється і дорожчає. За існуючими оцінками, при збереженні сучасного рівня споживання, енергоресурсів усіх видів вистачить максимум на 30-50 років. З

іншого боку, найзагальніший аналіз справ у енергетичній галузі (незалежно від країн, статків та технологій) вказує на необхідність :

1. Створення державної макропрограми з вироблення принципів для розбудови сучасної Технологічної Платформи.
2. Збільшення світового виробництва енергії у десятки разів, забезпечуючи таким чином енергетичну бездефіцитність для усіх видів людської діяльності.
3. Забезпечення нульового балансу тепла шляхом створення виробництв, корисно споживаючих всю надлишкову теплову енергію (актуальна проблема атомних та теплових електростанцій).
4. Досягнення повного задоволення потреб у матеріалах на шляху їх штучного синтезу.
5. Значного зменшення вартості виробництва енергії і базових матеріалів, забезпечуючи, таким чином, радикальне зменшення вартості життєзабезпечення.
6. Різкого перерозподілу витрат на життєзабезпечення на користь розвитку.
7. Вироблення інноваційної культури (переборення спротиву новому) та культури споживання (енергозатратний стиль життя).
8. Нівелювання активності агентів впливу існуючої Технологічної Платформи
9. Створення фізичних можливостей для захисту від катастроф.

Наведений вище короткий перелік завдань однозначно вказує на те, що досягти запланованого можна виключно за умов освоєння новітніх технологій та підходів до отримання і перетворення вільної енергії з оточуючого середовища.

Висновок: В основі енергетичної стабільності цивілізації на перспективу - становлення та розвиток Інноваційної Енергетики.

При аналізі перспектив освоєння нових видів енергії необхідно враховувати, що зміна способу отримання енергії буде більш фундаментальною новацією, ніж глобалізація телекомунікацій, і матиме більш радикальні соціально-політичні наслідки, ніж ті, що відбулись внаслідок впровадження інформаційних технологій.

Вочевидь, розвиток цивілізації відбуватиметься на шляху вдосконалення існуючих технологій використання та перетворення енергії. Серед переваг отримання енергії з традиційних джерел :

- розповсюдженість
- доступність
- технологічна досконалість

Недоліки отримання енергії з нетрадиційних джерел :

- мала питома щільність енергетичного потоку
- змінність і нестабільність у часі
- велика вартість як наслідок матеріалоємності
- великі початкові капіталовкладення

Загальна тенденція. Зміна вартості традиційної енергетики здорожчує енергетику альтернативну. Питання переходить у площину економічної доцільності у розрізі двох тенденцій до подорожчання. Наразі технологічне подорожчання є менш прогресуючим за подорожчання традиційних вуглеводневих видів палива.

Висновок: В міру зростання вартості звичайних енергоносіїв зростає і вартість отримання менш ефективної альтернативної енергії.

Держави ЄС – досвід для регіону.

Не враховуючи окремі (більшість) недоліки енергії з альтернативних та відновлювальних джерел, розвиток саме цього напрямку визнано у ЄС пріоритетним. Підтримка держави здійснюється у широкому діапазоні: від виключно ринкових стимулів до засобів із арсеналу мобілізаційної економіки.

Великобританія, Швеція, Італія, Бельгія і Польща змушує споживачів електроенергії купувати її фіксовану частину («зелена енергія») за завищеними цінами. Основна увага у фінансуванні «зеленої енергії» приділяється залученню приватного капіталу, у т.ч. і через систему податкових, амортизаційних, тарифних та інших пільг, на цю енергію, перш за все, розповсюджується державне субсидювання. У цілому, необхідні видатки на стимулювання перевищують 9,8 млрд. євро на рік. При цьому у половині країн ЄС підтримка вітроенергетики вважається «недостатньою», по біомасі оцінюється як «неефективна», а геотермальна, припливна та сонячна оцінена як така, що «не використовується у промислових масштабах». Винними визнані - «спротив традиційних постачальників», різниця у «природно-господарській міждержавній специфіці» та нестача «надійних технологій та інвестицій».

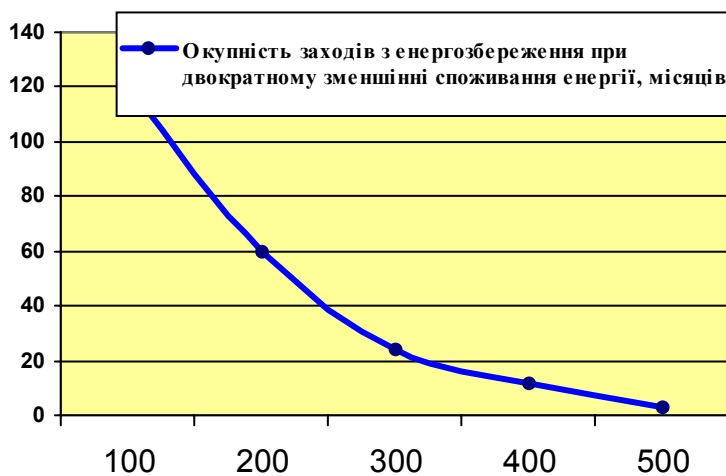
Україна. Прогресивно зростаюча вартість органічного палива вимагає від дослідників теми енергозбереження вироблення нових підходів до прогнозування перспектив розвитку основних напрямків та економічної ефективності. Зокрема йдеться про :

- нові технології
- нові матеріали
- нове обладнання
- нові технологічні процеси
- нові принципи отримання перетворення та збереження енергії
- системи регульованого споживання

Все зазначене вище розглядається світовою економікою у розрізі сучасного споживання, короткотермінової (до 3-х років) та довгострокової перспективи. Головне завдання - визначити світові тенденції у техніці та технологіях енергоощадності для оптимізації видатків на зазначені заходи з метою забезпечення енергетичної безпеки країни.

Аналіз вартісних меж економічної доцільності у енергоощадності за рахунок вдосконалення будівельних матеріалів та конструкцій.

Декларативний підхід щодо проблем ощадності у державі змушує аналітиків проводити аналіз світових тенденцій з техніки та технологій у розрізі як світової, так і української практики.



Відповідно, для України, з метою вироблення у подальшому єдиних підходів, обраховано перехідний коефіцієнт, пов'язаний із визначенням межі, за якою здійснення добре відомих енергоощадних заходів призводитиме до двократного зменшення рівня питомого споживання енергії на цілі опалення.

Висновок 1. Враховуючи фактичний стан будівель та сучасні проектні норми споживання енергії на цілі опалення для адміністративних (і житлових !) будівель, приходимо до висновку, що сьогодні, у межах питомих показників від 500 до 210 кВт*год/м²*рік, окупність заходів становить менше 18 місяців (Див.графік). Зазначене припущення, при його виключенні з бази, дозволяє застосовувати однорідні

аналітичні підходи, а отримані висновки можуть бути актуалізовані до українських реалій без додаткових розрахункових припущень. Відповідно до вищенаведеного, межа дослідження обмежена питомим споживанням енергії менше за 120 кВт*год/м²*рік. Перспективна межа для модернізації - 65 кВт*год/м²*рік, досягнення якої дозволить зменшити споживання енергоресурсів на цілі опалення у 3,7 рази і створить передумови для ефективного та обґрунтованого переходу на альтернативні та відновлювальні джерела енергії. Врахуємо, що сьогодні економія енергоресурсів є, щонайменше, у три рази ефективнішою ніж її видобуток.

Висновок 2. Період 2005-2010 р. є надзвичайно сприятливим для виробників обладнання, орієнтованого на використання енергії з відновлювальних джерел. Сума прогнозованих контрактів на таке обладнання протягом зазначеного вище періоду перевищить 130 млрд. євро.

Висновок 3. Світове суспільство знаходиться на етапі формування потужними гравцями енергетичного ринку - ринку альтернативних джерел, як основи енергетичної стабільності цивілізації на перспективу.

Період 2005-2010 р. у світі - це період розробки інструментів переходу економік розвинених країн на альтернативні джерела енергії (з розробкою сучасних енергоефективних технологічних процесів, нових принципів отримання енергії та нового типу обладнання) й становлення та розвитку Інноваційної Енергетики. За допомогою пілотних проектів галузі у світі відбувається перехід на інноваційні та стабільні структури видобутку й освоєння нових видів енергії.

Висновок 4. Період 2005-2010 р. для України - це період осмислення безальтернативності енергозбереження, вихід на світові ціни на енергоносії за умов їх стрімкого подорожчання. На сьогодні Україна обирає шлях відтворення та модернізації старої енергетичної Технологічної Платформи. Держава розуміє «малу і нетрадиційну енергетику» лише як частину енергозбереження (економії енергії, як джерела). При цьому саме розуміння енергозбереження на державному рівні зводиться до підвищення коефіцієнтів перетворення енергії та зменшення її втрат у процесі транспортування. Обмежені державні ресурси і надалі спрямовуються у засоби перетворення вуглеводневого і атомного енергетичного матеріалу і, значно менше (практично на рівні експериментів), на впровадження другого покоління перетворювачів традиційного енергетичного матеріалу.

Аналіз обсягу регіонального ринку послуг з енергозбереження

Обсяг регіонального ринку послуг з енергозбереження у розрізі започаткування нових виробництв і освоєння нових енергоощадних технологій необхідно розглядати у трьох проекціях задля забезпечення :

- Львівського регіону
- Західного регіону
- Масштабної міжнародної співпраці

Таке припущення на проектному рівні дозволяє розбудувувати багатоваріантну систему міжнародної виробничо-технічної кооперації.

Підсумки аналізу розподілу енергоощадного виробництва за територіальним спрямуванням та міжнародним розподілом праці (Табл. 8.1.) для виробництва на території регіону відповідно до обсягів (Табл. 8.2.) за економічно доцільними напрямками представлено у табличних формах.

Вартість інсталяції (виконання робіт) оцінюється експертами у сумі вартості матеріалів з коефіцієнтом 0,8 для бюджетної сфери і 1,15 для населення (ціни існуючого ринку будівельних послуг).

Таблиця 8.1

Проектні напрямки виробництва енергоощадного обладнання

Продукція	Львівщина	Західний регіон	Україна	ЄС
Солярні колектори	+	+	+	-
Інсталяція (комплектів)	+	+	+	+
Генераційне обладнання (одиниць)	+	+	+	-
Теплові помпи (одиниць)	+	+	+	- / +
Система автоматики, регулювання та контролю (комплектів)	+	+	+	+
Системи утеплення	+	+	+	-
Рекуператори (одиниць)	+	+	+	+
Вікна, двері	+	-	-	-
Теплоізоляційні матеріали та комплектуючі	+	+	-	-
Побутова когенерація (одиниць)	+	+	+	-
Комплекти будівель для енергоощадного будівництва	+	+	+	-

Таблиця 8.2

Обсяги регіонального ринку під проектування виробничих потужностей

Продукція	Бюджетна сфера		Населення	
	Фізичні обсяги ринку, м2	Вартість, тис.грн	Фізичні обсяги ринку, м2	Вартість, тис.грн
Солярні колектори	60 000	30 000	4 600 000	2 300 000
Інсталяція (комплектів)	-	150 000	-	7 500 000
Генераційне обладнання (одиниць)	1 100	67 000	260 000	3 000 000
Теплові помпи(одиниць)	3 500	93 500	50 000	1 250 000
Система автоматики, регулювання та контролю (комплектів)	-	78 000	100 000	150 000
Системи утеплення	3 500 000	3 140 000	37 000 000	31 000 000
Рекуператори (одиниць)	55 000	82 500	850 000	1 275 000
Вікна, двері	1 000 000	550 000	2 000 000	1 200 000
Теплоізоляційні матеріали та комплектуючі	-	91 500	-	3 500 000
Побутова когенерація (одиниць)	500	16 500	50 000	1 650 000
Комплекти будівель для енергоощадного будівництва	-	-	1 000 000	2 000 000

Наведені розрахунки є наближені до потреб регіонального ринку на період 2008-2012 років. При підготовці бізнес-планів розвитку підприємств виробників та планів соціально-економічного розвитку територій наведені вище показники повинні коригуватися у відповідності до регіональної потреби, регіональної платоспроможності, впливу ЗМІ та цінних показників за основними групами палив.

При цьому загальний обсяг заходів з енергозбереження у бюджетній сфері оцінюється різними експертами у 4,7-7,8 млрд. грн. (в цінах 2007 року), а ринок енергоощадності для населення у суму понад 55 млрд. грн. Реконструкція та відновлення комунальної енергетики

з теплогенерації та централізованого теплопостачання (залежно від сценарію розвитку) може коштувати від 1,8 до 3,7 млрд. грн.

Історичний екскурс українських будівельних вимог до термічного захисту будівель демонструє чітку залежність від вартості енергоносіїв. При цьому за будь-яких умов експлуатації та проектування необхідно дотримуватись наступних вимог:

- **Реалізація заходів з енергозбереження не може здійснюватись за рахунок зменшення комфортності перебування людини у приміщенні.**
- *Приклади «економії» за рахунок недотримання санітарних вимог з температурного режиму не є заходами енергозбереження і, з набуттям чинності нових вимог на проектування житлових будинків, мають відійти у небуття.*
- *Втрати через огороджувальні конструкції мають бути мінімізовані, що вимагає здійснення масштабних заходів із утеплення (стіни, горища, стеля, підлога). При проведенні робіт мають жорстко дотримуватись рекомендації виробника (розробника системи) стосовно технології та матеріалів. Особлива увага має приділятися організації та забезпеченню повітрообміну.*
- *У сучасних житлових будинках проблеми, що виникають одночасно з встановленням герметичних вікон, не можна вирішувати старими технічними засобами, розрахованими на вільну інфільтрацію зовнішнього повітря через чисельні щілини у віконних стулках.*
- *Найефективнішим шляхом проведення реконструкції систем опалення (котли, батареї, трубопроводи) є здійснення її після проведення заходів із утеплення та оптимізації вентиляційних обсягів повітря.*

Експлуатаційні видатки мешканців мають зменшуватись.

Зменшення експлуатаційних видатків має бути наслідком технологічного вдосконалення, переходу на диверсифіковані джерела енергії, у т.ч. із широким використанням альтернативної енергії

Структура тепловтрат сучасних українських будівель за проектом має бути наближеною до структури втрат у північних краях.

Висновки для розвитку території:

Враховуючи технологічні втрати та світовий розподіл праці, локальні території регіону можуть розраховувати виключно на міжнародну співпрацю/кооперацію у сфері виготовлення енергетичних фотовольтанічних модулів.

Виробництво (фактично монтаж з готових елементів) фотоелектричних панелей вимагає високої культури виробництва з дотриманням відповідних технологічних процесів, що докорінно впливає на кінцеву якість виробів та їх експлуатаційну надійність.

Світові тенденції:

Зосереджені на розробці нових та вдосконаленні існуючих технологій спалювання органічного палива. Активізується використання альтернативних видів палива та енергії з орієнтуванням на заміщення традиційних джерел. Спостерігається чіткий розподіл на розвиток напрямку великої генерації (централізоване теплопостачання) та індивідуальне комбіноване тепло-електро-забезпечення.

Висновки для розвитку території:

Перспективним є започаткування та розвиток випуску міні-комплексів генераційного мультиджерельного тепло-електро-генеруючого обладнання для індивідуального споживача в межах потужності до 100 кВт.

Земля, фактично, є найбільшим природним акумулятором теплової енергії, температура якого на глибині 10 м стабільно становить середньорічну температуру у даній місцевості (+8,22 °C для Львова).

Варто також наголосити, що основною метою організаційних заходів щодо забезпечення передумов багатофункціонального розвитку сільських територій є покращення умов життя і праці на селі в тісному зв'язку з охороною природного середовища. Ця мета безпосередньо пов'язана з відходом від монофункційності сільських територій і розвитком їх нових, «позааграрних» функцій.

Зауважимо, що, на наш погляд, для організаційного забезпечення активізації в Україні інноваційної діяльності на регіональному рівні та з метою координації зусиль учасників інноваційного процесу доцільно, поряд з регіональною стратегією економічного та соціального розвитку, розробити ще й регіональну стратегію інноваційної діяльності (РСІД), яка повинна зафіксувати довгострокові цілі інноваційного розвитку регіону, що впливають із відповідної стратегії соціально-економічного розвитку локальної території (села, району) та визначити засоби та механізми досягнення стратегічних цілей. Відповідно до системи цілей інноваційного розвитку виділяються наступні функції РСІД:

- аналіз регіональних потреб в інноваціях;
- аналіз сучасного стану науково-дослідного сектору регіону та визначення перспектив оптимізації його роботи;
- аналіз та вдосконалення організаційної інфраструктури підтримки інноваційного розвитку;
- аналіз і кількісна оцінка ризиків запровадження інновацій;
- удосконалення системи нагромадження, систематизації, зберігання та обміну інформації (формування тематичних банків даних та системи комунікацій);
- розробка програми впровадження інноваційних проектів;
- розробка системи контролю за здійсненням інноваційних заходів у регіоні;
- всебічне сприяння у формуванні «інноваційного іміджу» регіону, його внутрішній та зовнішній «промоції».

При цьому вважається, що всебічній активізації розвитку сільських територій слугуватиме й розробка та подальше втілення в життя регіональної програми залучення інновацій у сільську місцевість (причому не тільки на ведення сільського господарства чи переробку), яка повинна базуватись на якнайповнішому врахуванні регіональних пріоритетів, які б визначалися у згаданих вище регіональних стратегіях. Безумовно, що в Україні вже давно назріла потреба у створенні спеціалізованого науково-дослідного інституту з проблем села та активізації розвитку сільських територій. Враховуючи значний науково-технічний потенціал Львівської області, можливо саме з Львівщини можуть розпочинатись докорінні суспільні трансформації.

Висновок : Багатофункціональний розвиток сільських територій - це та стратегія, що може забезпечити послідовне підвищення якості життя сільських мешканців, зростання ефективної зайнятості працездатної частини місцевого населення. Особливо перспективною ця стратегія є для малоземельних регіонів (у т.ч. гірських районів).

Висновок : Основні напрямки багатофункціонального розвитку сільських територій повинні бути детально проаналізовані та чітко визначені у відповідних стратегіях територіального розвитку. Особливо важливим є те, щоб такі стратегії розроблялись не формально, а ретельно, фахово і на альтернативних засадах.

Висновок : Багатофункціональний розвиток сільських територій є запорукою успіху за умови, що мешканці села виявлятимуть безпосереднє зацікавлення цим розвитком для власного блага і блага місцевої громади.

В інноваційному розвитку, на базі використання ресурсу енергоощадності, Львівщина (як ініціатор системних підходів у вирішенні проблем розвитку територій)

може не тільки повноцінно конкурувати з європейськими науковими центрами але й, в певній перспективі, стати моделлю для :

- посилення інтеграційних процесів науки і виробництва;
- активізації використання інформаційних ресурсів у галузі науково-технічної інформації;
- підготовки кадрів для впровадження новітніх технологій у виробництво;
- модернізації виробництва;
- комерціалізації наукових розробок для використання їх виробництвом;
- розробки та освоєння нової техніки та технологій в енергетичному комплексі;
- впровадження енергозберігаючих та безвідходних технологій;
- створення центрів по трансферу технологій;
- створення міжнародних інноваційних центрів (особливо характерно для прикордонних регіонів).

Суть методики залучення інвестицій у виробничу галузь на регіональному рівні має передбачати комплекс наступних організаційних заходів:

- Прийняти на рівні керівництва облдержадміністрацій організаційно-управлінські механізми гарантії для інноваційного сектору регіональної економіки і утворити необхідні передумови для їх прискореного зростання.
- Сприяти впровадженню науково-технологічних інновацій та опануванню інноваційного шляху розвитку як головного чинника сталого економічного розвитку регіонального енергетичного сектора.
- Сприяти створенню системи державних регуляторних важелів для забезпечення прискореної структурної інноваційної перебудови економіки регіону (у т.ч. збільшення інвестицій в екологічно чисте виробництво, забезпечення екологічної ефективності на всіх рівнях: від місцевих громад, малих міст і районів до області чи регіону в цілому) шляхом, зокрема, застосування стимулів і механізмів підтримки, а також стратегій, націлених на створення відповідної регуляторної, фінансової та правової основ.
- Сприяти включенню моделей споживання та виробництва в місцеві та регіональні політику, програми і стратегії сталого розвитку і ті документи, які стосуються стратегії скорочення масштабів енергетичного марнотратства.

При прийнятті рішень з питань планування розвитку галузі, залучення регіональних інвестицій в розвиток інфраструктури, розвитку енергоощадного підприємництва та державних закупівель, заохочувати відповідні владні структури на всіх рівнях (місцевому, районному та регіональному) враховувати фактори, пов'язані із забезпеченням сталого розвитку.

Висновок: Україні слід йти шляхом створення(перш за все на селі) місцевих територіальних наукових, експериментальних, науково-виробничих центрів з чіткою диференціацією за напрямками і об'єднаних єдиною інформаційно-комунікативною системою.

Включення регіону у світовий розподіл праці і, перш за все, в актуалізованій сфері виробництва енергоощадного обладнання дозволить :

- підняти конкурентоспроможність регіону до рівня країн ЄС (у цьому напрямку)
- забезпечити пріоритети високотехнологічного виробництва з високою часткою доданої вартості, що зменшить міграційні потоки кваліфікованої робочої сили (перш за все за межі країни)
- підняти середній обліковий рівень заробітних плат, що створить перспективи молодому поколінню.

Аналіз регіональних потреб у енергоощадному обладнанні та технологіях

Проектування виробничих потужностей здійснюється під потребу інвестора. При цьому регіональні потреби в енергоощадному обладнанні можуть бути визначені і забезпечені у майбутньому шляхом виконання регіонального (територіального) завдання.

Необхідно враховувати, що для потенційного інвестора гарантований збут є конкурентною перевагою, особливо на стадії започаткування виробництва. Відповідно до цього мають розбудовуватись відносини у площині: «влада-інвестор». Сприяння у діяльності інвестора дозволяє залучити на територію значно більше інвестиційних ресурсів.

Аналіз інвестиційних вимог

Аналіз інвестиційних вимог здійснюється територіями у розрізі окупності заходів, необхідних інвестиційних обсягів та мультиплікатора розвитку. Необхідно враховувати і поведінку потенційного інвестора, для якого розміщення інвестицій та започаткування бізнесу означає ефективний спосіб заробляння грошей.

Тобто, інтереси території мають відстоюватись виключно територією. А інвестор для території – це лише інструмент досягнення територією мети.

Саме територія формує, формулює і доводить до зацікавлених осіб основні принципи регіональної (територіальної) інвестиційної політики. Зрозуміло, що основні цілі і мета розвитку для великих агломерацій та сільської території є різними, але прагнення досягнення результатів щодо прискореного соціально-економічного розвитку базується на однакових принципах. Різнитимуться лише результати та інструменти. Вони створюють для локальних територій можливість отримання конкурентних переваг як на місцевому рівні, так і на рівні регіону, країни чи групи країн.

Окремий перспективний блок питань – налагодження міжрегіонального (міждержавного) співробітництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПЕРШОДЖЕРЕЛ

1. Багрійчук В. О. Філософія здорового довкілля //Перспективи фінансування ЕКО-Будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів: Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки (Львів, 7-8 грудня 2006 р.) / Упорядник Кульчицький І.І. – Львів, ЛьвЦНТЕІ, 2006. – 121 с.
2. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський, М.О. Кочевих, Ю.Г. Гасан, Б.Я. Константинівський, В.О. Ракша. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.
3. Будинки майбутнього. Пасивне будівництво //Ринок інсталяцій. - №5. – 2007. – 50-51 с.
4. Ванькович Р. Безальтернативна альтернатива //Ринок інсталяцій. - №2. – 2006. – 6-8 с.
5. Вішневські Г. Політичні та юридичні дії польського уряду на користь промоції еко-енергетики //Перспективи фінансування ЕКО-Будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів: Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки (Львів, 7-8 грудня 2006 р.) / Упорядник Кульчицький І.І. – Львів, ЛьвЦНТЕІ, 2006. – 93-98 с.
6. Гершкович В.Ф. Яким повинен бути енергетичний паспорт будинку. //Ринок інсталяцій. - №1. – 2008. – 25-29 с.
7. Денис О. Промоція використання відновлюваних джерел енергії в Україні //Перспективи фінансування ЕКО-Будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів: Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки (Львів, 7-8 грудня 2006 р.) / Упорядник Кульчицький І.І. – Львів, ЛьвЦНТЕІ, 2006. – 121 с.
8. Керш В.Я. Енергозберігаючі технології у міському будівництві і господарстві: Навч. посіб. – Одеса: Астропринт, 2007. – 124 с.
9. Кузич Р.В. Практика будівництва або біофізика сприйняття комфорту // Перспективи фінансування ЕКО-Будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів: Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки (Львів, 7-8 грудня 2006 р.) / Упорядник Кульчицький І.І. – Львів, ЛьвЦНТЕІ, 2006. – 63-70 с.
10. Кульчицький І.І., Бригілевич В.І., Коваль У.О. Концепція діяльності регіонального центру енергозбереження /Тези матеріалів Міжнародного семінару «Сучасні підходи та технології вирішення проблем енергозбереження і досягнення енергетичної незалежності України». – Львів, 3 жовтня 2007.
11. Ланцов А. Енергозбереження у вашому помешканні. //Ринок інсталяцій. Теплотехніка, сантехніка, газопостачання. - 2006. - №11. –С. 22.
12. Малярєнко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник. - Харків: «Видавництво САГА», 2006. - 484 с.
13. Новое поколение норм и стандартов теплозащиты зданий обеспечивает переход к энергоэффективному строительству // Бюлетень строительной техники. – 2004 - №7. – С. 9-11.
14. Матросов Ю.А. Повышенная теплозащита и энергоэффективность зданий: проблемы и решения. Опыт России /Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Czestochowa, 2007. – S. 201-217.
15. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 160 с.
16. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наукова думка, 2000. – 412 с.
17. Некоторые аспекты стратегии сбалансированного развития в строительстве /M. Sanytsky, W. Bialczak, O. Pozniak, U. Marushchak //Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Czestochowa, 2005. – S. 343-350.
18. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Підручник / Р.Ф. Рунова, Л.О. Шейніч, О.Г. Гелевера, В.І. Гоц - К.; КНУБА, 2001.-354 с.
19. Проблемы энергосбережения. // Оконные технологии. - №5. – 2000. – С. 29-31.
20. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности, ТАСИС, 1995. – 199 с.
21. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Харьков: «Ватерпас», 1999. – 287 с.

22. Савка М.В., Романчик Н.І. Програма енергозбереження для бюджетної сфери та населення на 2 роки / Тези матеріалів Міжнародного семінару «Сучасні підходи та технології вирішення проблем енергозбереження і досягнення енергетичної незалежності України». – Львів, 3 жовтня 2007.
23. Саницький М.А., Позняк О.Р., Марущак У.Д. Проблеми енергозбереження в сучасному житлово-цивільному будівництві /Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції» – 2005 – Випуск 63 – С. 234 - 239.
24. Серых Р.Л., Мамедов Т.И., Волков Ю.С. Железобетон и защита окружающей среды // Бетон и железобетон. – 1993. - №8. – С. 2-6.
25. Сорока Р. Програма енергозбереження для бюджетної сфери і населення Львівської області – підсумки виконання у 2006 році та основні заходи на 2007 рік //Перспективи фінансування ЕКО-Будівництва та енергозбереження із зарубіжних фондів: Інформаційні матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за проектом «ЕКО-Будівництво» енергозберігаюче та екологічне будівництво в умовах трансформації економіки (Львів, 7-8 грудня 2006 р.) / Упорядник Кульчицький І.І. – Львів, ЛьвЦНТЕІ, 2006. – 121 с.
26. Рылевский Е. Энергия для человека. Современная конструкция здания с низким потреблением энергии. Перевод с английского. – 2003. -79 с.
27. Фаренюк Г. Г., Фаренюк Е. Г.. Теплофизические принципы проектирования энергоэффективных окон. «Оконные технологии», №2. - 2000 . – С. 46-48.
28. Фаренюк Г. Г., Матросов Ю.А. Новые государственные нормы «Тепловая изоляция зданий» по показателям энергоэффективности /Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Czestochowa, 2007. – S. 57-67.
29. Хацко Ю.І. Енергія вашої квартири. - Львів: Вид-во «СПОЛОМ», 2001. – 94 с.
30. Швець Я.С., Щербина О.М. Тепло у вашому домі / За заг. Ред.. Я.С. Швеця. – Львів: ЕКОінформ, 2003. – 174 с.
31. Щербатюк Б.І. Енергоощадні системи опалення будинків: Навч. посіб. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 112 с.
32. Bobko T. Podstawy teoretyczne kształtowania technologii energooszczędnych // Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Zagadnienia wspóczesnego budownictwa energooszczędnego o zoptymalizowanym zużyciu potencjału energetycznego». – Czestochowa, 2003. – 21-26 s.
33. Bonca Z., Lewiński A. Termorenowacja budynków mieszkalnych. Aspekt techniczny i ekonomiczny. – IPPU *MASTA*, 2000. – 154 s.
34. Byrdy C. Ciepłochronne konstrukcje ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych. – Krakow, 2006 - 190 s.
35. Grabarczyk S. Fizyka budowli. – Warszawa, 2005. – 189 s.
36. Feist W. a.o. Podstawy budownictwa pasywnego. – Polski Instytut budownictwa pasywnego. 2006. - 152 s.
37. Jastrzębska G. Odnowiane źródła energii i pojazdy proekologiczne. – 240 s.
38. Jaworski J. Termografia budynków. – Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław. – 2000. - 70 s.
39. Laskowski L. Ochrona cieplna I charakterystyka energetyczna budynku. – Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005 – 173 s.
40. Markiewicz P. Prezentacja nowoczesnych technologii budowlanych. - Krakow, 2002. – 200 s.
41. Mikoś J. Budownictwo ekologiczne. – Gliwice, wydawnictwo politechniki śląskiej, 2000. – 492 s.
42. Piotrowski R., Dominiak P. Budowa Domu Pasywnego. Krok po Kroku. Przewodnik BUDOWLANY. – 250 s.
43. Ujma A. Основные принципы энергосберегающих действий в строительстве // Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Zagadnienia wspóczesnego budownictwa energooszczędnego o zoptymalizowanym zużyciu potencjału energetycznego». – Czestochowa, 2003. – S. 304-311.
44. Ulbrich R. Audyt energetyczny a dom energooszczędny. – Opole, 2001. – 141 s.
45. Wiley J. Environmental Physics second edition. – New York, 1999. – 287 p.
46. Wnuk R. Budowa Domu Pasywnego w praktyce. Przewodnik BUDOWLANY. – 180 s.

ДОДАТКИ

Комфорт

Ще вчора ми говорили, що основна вимога до приміщення в зимку це - тепло, сьогодні - говоримо про комфорт і незаперечно погоджуємось, що найбільш комфортним є дерев'яний будиночок на селі. Повну відповідь на питання – чому власне *дерев'яний будиночок на селі*, можна отримати за результатом аналізу проблеми у площині мікроклімату та біофізичних обмінів на рівні тонких матерій (полів). І якщо параметри мікроклімату є достатньо вивченими і не викликають жодних заперечень, то розширення визначення комфорту до категорії тонких матерій (полів) ще донедавна сприймалось не завжди адекватно, а фактаж відповідних спостережень та досліджень відносили, як правило, до сумарної категорії радіаційних впливів².

Мікроклімат

У житлових, громадських та виробничих приміщеннях потрібно підтримувати необхідні для людей і технологічного процесу метеорологічні умови – мікроклімат. При цьому часто захист огорожі від впливу зовнішнього клімату часто є недостатньою умовою для цілорічного забезпечення необхідних умов у приміщеннях. Проблема вирішується за рахунок штучного створення раціональних умов фізичних та біофізичних параметрів.

До фізичних параметрів (мікрокомфорт) відносяться : температура навколишнього повітря, його вологість, об'єм обміну та швидкість руху. Комфортним вважається таке поєднання цих показників мікроклімату (зона комфорту), при якому зберігається теплова рівновага в організмі людини без відчуття напруги в системі її терморегуляції. Відповідно визначаються і умови комфортності.

Перша умова фізичного комфорту встановлює зону співвідношення t_b і t_R , при якій людина, яка знаходиться всередині приміщення (зона обслуговування), не має відчуття перегріву чи переохолодження. Для холодного періоду року перша умова комфортності обраховується наступним чином :

$$t_R = 1,57 t_n (I) - 0,57 t_b \pm 1,5 \quad (1.1)$$

де : $t_n (I)$ – нормоване значення t_n , відповідно до умов фізичної інтенсивності праці³

t_b – температура повітря у приміщенні

Друга умова фізичного комфорту визначає допустимі температури нагрітих та охолоджених поверхонь, у безпосередній близькості від цих поверхонь. Тобто, для запобігання радіаційного перегріву чи переохолодження людини, поверхні приміщення повинні бути нагріті (1.2) або охолоджені (1.3) до певної температури :

$$\tau_{\text{д.наг.}} \leq 19,2 + 8,7/\varphi \quad (1.2)$$

$$\tau_{\text{д.охл.}} \geq 23 - 5/\varphi \quad (1.3)$$

де : φ – коефіцієнт опромінювання поверхні найбільш невігдно розташованої елементарної площадки на голові з боку нагрітої чи охолодженої поверхні.

Стосовно іншої складової комфорту (біологічних впливів) - більшість підручників з опалення відзначають деякі фіксовані залежності. Наприклад⁴ : *інтенсивність тепловіддачі людиною залежить від теплового стану приміщення, яке характеризується температурою повітря t_b , радіаційними умовами (радіаційною температурою t_R і температурою t_n) розмірами і розташуванням нагрітих та охолоджених поверхонь, а також рухомістю і відносною вологістю повітря.*

Враховуючи, що математика біокомфарту з'явилась лише у цьому тисячолітті, поняття біокомфарту потребує ширшого тлумачення.

² Богословський В.Н., Сканаві А.Н., Отопление : Учеб. для вузов. – М. Стройиздат, 1991, - 735 с.

³ Спокійний стан - $t_n (I)$ біля +23°C, легка робота - +21°C, середньої тяжкості - +18,5°C, фізично тяжка робота - +16°C

⁴ С35., Богословський В.Н., Сканаві А.Н., Отопление : Учеб. для вузов. – М.Стройиздат, 1991, - 735 с.: ил

Біокомфорт⁵

Незаперечним є факт, що між людиною і приміщенням, в якому вона перебуває, відбувається енергетичний обмін, який на підсвідомому рівні сприймається як відчуття комфорту або дискомфорту. До біофізичних параметрів (енергетика обміну тонких полів) відносяться: біоенергетичний обмін між біооб'єктом (людиною) та приміщенням, температура поверхонь всередині приміщення та кислотність середовища самого приміщення.

В основі цього біообміну щонайменше три складових: тепло (*теплопровідність, конвекція, випромінювання*), електромагнітна (*широкий спектр хвиль: від інфрачервоного до світла*) та біофізична складові. При цьому, основні спектри біофізичного обміну знаходяться у зонах теплових хвиль і гравітації і залежать від матеріалу, маси, температури та геометричних розмірів. Назагал - первинний потокообмін між приміщенням і біооб'єктом можна визначити за формулою енергетичного обміну :

$$E_{\text{пл}} = \sqrt{E_{\text{сп}} + E_{\text{л}} + (1 + K_{\text{із}})} \quad (1.4)$$

де : $E_{\text{пл}}$ - енергетика первинного потокообміну між приміщенням та біооб'єктом,

$K_{\text{із}}$ - коефіцієнт біоізоляції,

$E_{\text{сп}}$ - власна енергетика приміщення,

$E_{\text{л}}$ - теплова біоенергетика людини.

При цьому $E_{\text{л}}$ з імовірністю 0,93 визначаємо за формулою :

$$E_{\text{л}} = 36,6 * m_{\text{л}} \quad (1.5)$$

Коефіцієнт біоізоляції визначається за формулою :

$$K_{\text{із}} = \sum Y_{\text{сп}} * \Delta t_{\text{із}} / [Y_{\text{із}} * \Delta t_{\text{сп}} * I_g (m_{\text{сп}} / m_{\text{л}})] \quad (1.6)$$

де : $\sum Y_{\text{сп}}$ - зведена щільність матеріалу споруди,

$Y_{\text{із}}$ - щільність ізоляційного матеріалу,

$m_{\text{л}}$ - маса тіла людини

$m_{\text{сп}}$ - загальна маса споруди людини

$\Delta t_{\text{із}}$ - інтервал робочих температур матеріалу споруди та ізоляційного шару

Експериментально визначено: енергетика дерев'яного будинку перебуває в межах 20-50 Вт/кг⁶. Для наочного представлення результатів існує модель енергетичного впливу, основні параметри якої задані типовим цегляним будинком із товщиною стіни у 51 см та залізобетонним перекриттям між поверхами.

Зовнішня температура повітря задана на рівні -10, а внутрішня + 12°C (майже типова ситуація для міст України у зимовий період!).

За наведених вище умов тепловий потік через зовнішню огорожу становить 21,2 Вт/м², а енергетичний біопотік (при масі людини у 75 кг) дорівнює 77,9 кВт, при питомому навантаженні на особу 1039 Вт/кг (мал.1).

Ситуація докорінно змінюється за умов зміни маси. Наприклад, для новонародженого (маса 5 кг) сформований приміщенням енергетичний біопотік становитиме всього 20,1 кВт, але питоме енергетичне навантаження, яке дорівнює 4022 Вт/кг, знаходиться вже в зоні патологічного впливу (мал.2), що, до речі, пояснює хронічні простудні захворювання малечі навіть за умов санітарно-сприятливої температури (+21°C) та відсутності протягів.

Зауважимо, що теплові хвилі є несучими частотами для обмінів тонкої енергетики. Інша складова, яка так само формується приміщенням, має електромагнітну (хвильову) складову, але її потужність настільки мала, що у більшості випадків її можна не враховувати.

Ситуація докорінно змінюється, якщо приміщення перебуває в зоні впливу потужних джерел штучного електромагнітного випромінювання (передавальні станції, лінії електропередач тощо). За цих умов вживають спеціальні заходи у вигляді екранного захисту. Серед інших чинників – геометричні розміри приміщення⁷ і матеріал із якого воно побудовано та кислотність середовища⁸.

⁵ Кузич Р.В., Розрахункова категорія – біоенергетичний комфорт, *Будуємо інакше* 4. 2004 С.34-36

⁶ Зона комфорту не перевищує 200 Вт/кг, допустима комфортність в межах 200-500 Вт/кг. Зона від 500 до 1000 Вт/кг - це дискомфортна категорія, а негативні біофізичні прояви фіксуються при питомому енергетичному навантаженні поза 2500 Вт/кг.

⁷ Найкращі геометричні розміри - наближення до квадрату, із висотою до стелі наближеною до найдовшої сторони.

⁸ У відповідності до кислотності людської шкіри.

Додаток А
ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ ВИБРАНИХ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Фізична величина	Позначення	Одиниці вимірювання		
		назва	позначення	співвідношення одиниць
Довжина	s, l	метр	м	1 м = 100 см
		кілометр	км	1 км = 1000 м
		сантиметр	см	1 см = 0,01 м
		міліметр	мм	1 мм = 0,001 м
Площа	A, S, F	метр квадратний	м ²	1 м ² = 100 дм ²
		дециметр квадратний	дм ²	1 дм ² = 0,01 м ²
		сантиметр квадратний	см ²	1 см ² = 0,0001 м ²
Об'єм	V	метр кубічний	м ³	1 м ³ = 1000 дм ³
		дециметр кубічний	дм ³	1 дм ³ = 0,001 м ³
		сантиметр кубічний	см ³	1 см ³ = 0,000001 м ³
		літр	л	1 л = 0,001 м ³
Час	t	секунда	с	1 с = 1/60 хв = 1/3600 год
		хвилина	хв	1 хв = 60 с
		година	год	1 год = 3600 с = 60 хв
Маса	m	кілограм	кг	1 кг = 1000 г
		грам	г	1 г = 0,001 кг
		тонна	т	1 т = 1000 кг
Густина	ρ	кілограм на метр кубічний	кг/м ³	1000 кг/м ³ = 1 кг/дм ³ = 1 г/см ³ =
		кілограм на сантиметр кубічний	кг/дм ³	1 т/м ³
			г/см ³	
Сила	F, Q	Ньютон	Н	1 Н = 0,102 кгс
		кілограм сила	кгс	0,102 кгс = 1 Н
Тиск напруження	P	Паскаль атмосфера технічна	Па	1 Па = 1 Н/м ²
			ат; кгс/см ²	1 кгс/см ² = 1 ат ≈ 0,1 МПа
				1 кгс/мм ² = 9,80665 МПа ≈
			ммН ₂ О	10 МПа
				1 ат (фізич.) = 101,325 кПа ≈
				0,1 МПа
				1 Н/м ² = 1 Па
				1 МН/м ² = 1 Н/мм ² = 1 МПа
				= 10 ⁶ Па
				1 ат = 1 кгс/см ² = 98066 Па ≈ 0,1 МПа
	1 ммН ₂ О = 9,807 Па			
Робота енергія, тепло (ентальпія)	W,	Джоуль	Дж	1 кВт год = 3,6 · 10 ⁶ Дж = 3,6 МДж
	A, L, E	Кіловат-година калорія	кВт год кал	1 кал = 4,19 Дж
Потужність	P, N	Ват	Вт,	1 Вт = 1 Дж/с
		кілокалорія на годину	ккал/год	1 ккал/год = 1,163 Вт
Температура	T, t	Кельвін	К	0°C = 273,15 К
		градус Цельсія	°C	ΔT = 1°C = 1 К
Теплоєм- ність	c	Джоуль на кілограм	кДж/кг·К	1 кДж/кг·К = 0,239 ккал/кг·К
		Кельвін калорія на грам Кельвін	кал/г·К	1 кал/г·К = 4,187 Дж/г·К

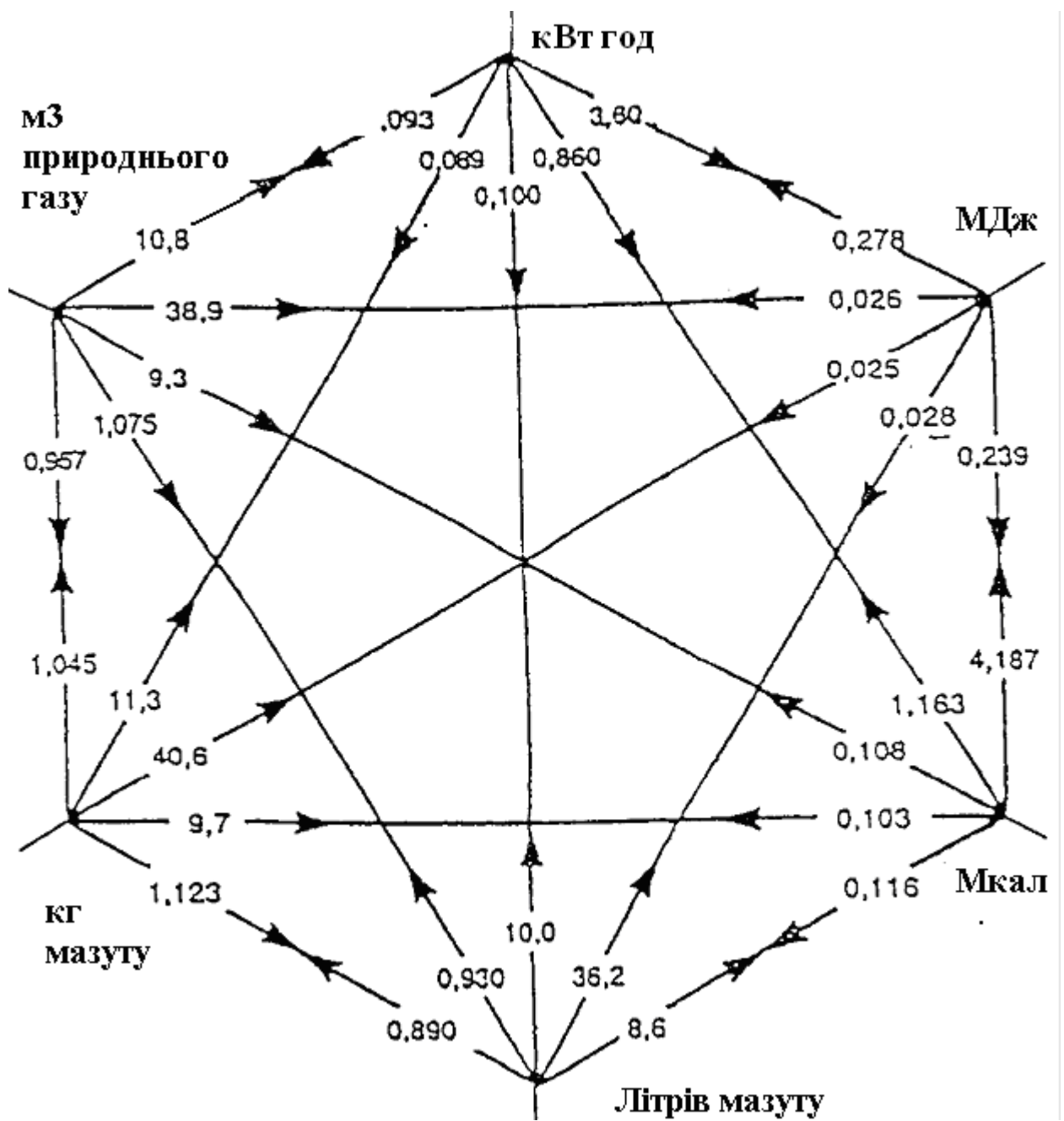
Додаток Б
НАЗВИ, ПОЗНАЧЕННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ

Назва	Позначення	Множник	Назва
Гіга	G	$10^9=1\ 000\ 000\ 000$	мільярд
Мега	M	$10^6=1\ 000\ 000$	мільйон
Кіло	k	$10^3=1\ 000$	тисяча
Гекто	h	$10^2=100$	сотня
Дека	da	$10^1=10$	десяток
Одиниця	-	$10^0=1$	одиниця
Деци	d	$10^{-1}=0,1$	десята
Санти	c	$10^{-2}=0,01$	сота
Мілі	m	$10^{-3}=0,001$	тисячна
Мікро	μ	$10^{-6}=0,000\ 001$	мільйонна

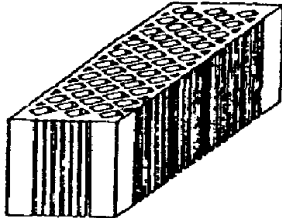
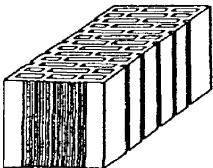
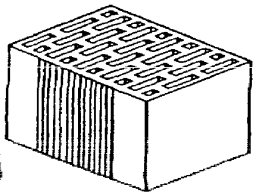
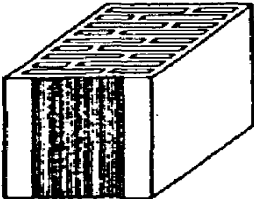
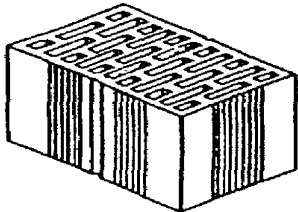
Додаток В
Фізичні показники будівельних матеріалів

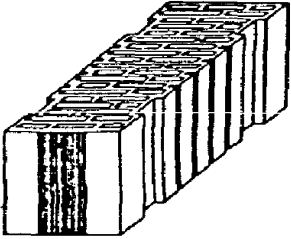
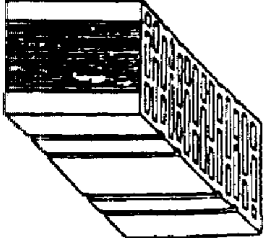
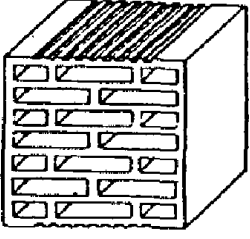
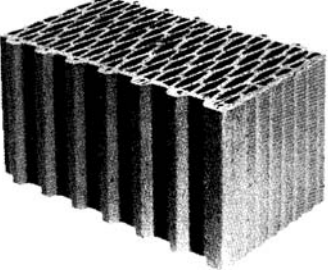
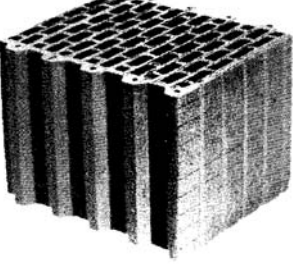
Назва матеріалу	Середня густина в сухому стані, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , (Вт/м ^{°С})		Питома теплоємність кДж/кг ^{°С}
		сухого	вологого	
Бетон звичайний з кам'яним заповнювачем	2200	1,3	1,50	0,84
Бетон з вапняковим заповнювачем	1600	0,72	0,80	0,84
Керамзитобетон	1600	0,90	1,00	0,84
	1400	0,72	0,80	0,84
Сосна і смерека поперек волокон повздовж волокон	550	0,16	0,20	2,51
		0,30	0,35	2,51
Дуб поперек волокон повздовж волокон	800	0,22	0,26	2,51
		0,40	0,46	2,51
Плита гіпсокартонна	1000	0,23	0,29	1,00
Мрамур, граніт	2800	3,50	3,70	0,92
Піщаник	2400	2,20	2,40	0,92
Вапняк звичайний	2000	1,15	1,40	0,92
Плити тирсоцементні	450	0,14	0,16	2,09
	300	0,07	0,09	2,09
Піноскло «біле»	300	0,12	0,13	0,84
Піноскло «чорне»	180	0,07	0,07	0,84
Мінеральна вата	40-80	0,040-0,052	0,050-0,052	0,75
Пінопласт	20-40	0,040	0,045	1,46
Пінка поліуретанова	30-40	0,035	0,040	1,46
Пісок	1650	0,40	0,40	0,84
Гравій	1800	0,90	0,90	0,84
Алюміній	2700	200	200	0,87
Мідь	8800	370	370	0,38
Сталь будівельна	7800	58	58	0,44
Залізо	7200	50	50	0,44
Цинк	7100	110	110	0,39
Цегла керамічна повнотіла	1800	0,77	0,81	0,88
Камінь керамічний пустотний	1300	0,41	0,58	0,88
Силікатна цегла	1800	0,90	0,97	0,88

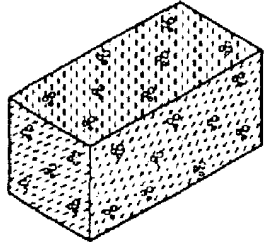
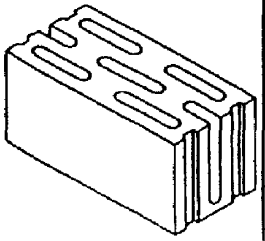
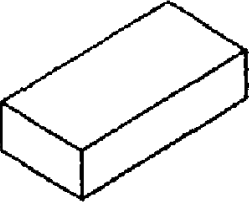
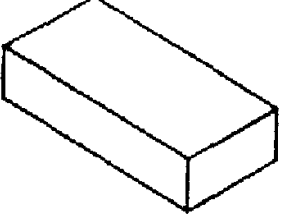
Додаток Д



Додаток Е
Властивості стінових матеріалів

Елемент стіновий	Розміри елемента, мм			Границя міцності на стиск, МПа	Коефіцієнт теплопро- відності, Вт/(м·К)	Об'ємна маса, кг/м ³
	довжина	ширина	висота			
1	2	3	4	5	6	7
 Цегла керамічна	250 250	120 120	140 65	14,7 9,8 7,4 4,9	0,58	1800
 Камінь керамічний М-44	288 288	188 138	220 220	15 10 7,5 5	0,33	1100
 Камінь керамічний U	250 250 250	185 185 185	220 188 138	15 10 7,5 5	0,44	1200
 Камінь керамічний K065-W	188 94	188	220	15 10 7,5	0,34	1100
 Камінь керамічний MAX	288 288 288	188 188 188	220 188 138	14,7 9,8 7,4 4,9	0,43	1100
1	2	3	4	5	6	7

 <p>Камінь керамічний K065-J</p>	388	188	220	15 10 7,5 5	0,29	1050
 <p>Камінь керамічний K065-2W</p>	288	188	220	15 10 7,5 5	0,34	1100
 <p>Камінь керамічний UNI – тип А</p>	188 188	188 188	188 88	14,7 9,8 7,4	0,43	1000
 <p>Блоки Porotherm 44 P+W</p>	440	248	238	10	0,36*	550
 <p>Блоки Porotherm 30 P+W</p>	300	124	238	10-15	0,68*	900
1	2	3	4	5	6	7

 <p>Блоки з коміркового бетону (PGS)</p>	590 490 590 490 590 490	240 240 120 120 60 60	240 240 240 240 240 240	1,5 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0	0,25-0,38	500-800
 <p>Камінь шлакобетонний типу ALFA</p>	490 490	240 120	240 240	2,5 5,0 7,5 10	0,58	810
 <p>Цегла керамічна повна</p>	250	120	65	5 7,5 10 15 20	0,77	1800
 <p>Цегла силікатна</p>	250	120	65	7,5 10 15	1,0	1900

* - коефіцієнт теплопередачі