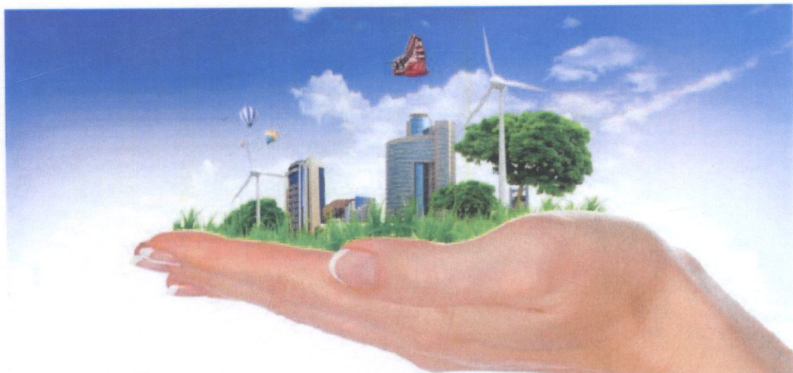


І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець



Енергозбереження в міському будівництві. Частина 1



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець

Енергозбереження в міському будівництві
Частина 1

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 620.9(075)

Д81

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 25 червня 2015 р.)

Рецензенти:

І. В. Барабаш, доктор технічних наук, професор

С. Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор

Дудар, І. Н.

Д81 **Енергозбереження в міському будівництві. Частина 1 : навч. посіб. / І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 57 с.**

У навчальному посібнику розглянуто: стан проблеми енергозбереження в Україні; основні фактори, що впливають на внутрішній тепловий комфорт в будівлях; проблеми, що виникають під час проектування та будівництва житлових будівель, з позиції енерговитрат; пріоритетні напрямки скорочення споживання енергоресурсів за рахунок використання альтернативних джерел енергії.

УДК 620.9(075)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	
В ЖИТЛОВОМУ ФОНДІ УКРАЇНИ.....	6
1.1 Огляд нормативно-правового забезпечення раціонального використання енергоресурсів в Україні.....	6
1.2 Фінансові заходи ефективного ресурсозбереження.....	12
1.3 Контрольні питання.....	13
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ	
З РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ	
В ЗАКОРДОННІЙ ПРАКТИЦІ.....	14
2.1 Вибір заходів з енергозбереження та принцип їхнього поєднання з ремонтом або модернізацією будинку	17
2.2 Енергетичний баланс і енергетичний паспорт.....	18
2.3 Будівельні конструкції та заходи з теплотехнічної санації.....	19
2.4 Контрольні питання.....	21
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ	
ТА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	22
3.1 Особливості проектування енергоекономічних будівель традиційного типу.....	22
3.2 Тепловий режим будівлі.....	27
3.3 Фактори, що впливають на теплові втрати і витрати енергії на опалення будівлі	31
3.4 Тепловий режим приміщень.....	33
3.5 Геометричні і композиційні рішення будівлі	36
3.6 Теплі стіни	39
3.7 Вентильовані фасади	44
3.8 Енергозберігаючі конструкції вікон	48
3.9 Енергозбереження при проектуванні та будівництві малоповерхових будинків	52
3.10 Контрольні питання.....	54
ГЛОСАРІЙ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

За оцінкою вітчизняних і зарубіжних фахівців, одним з основних напрямів поліпшення екологічної ситуації у світі та збереження здоров'я населення є зниження рівня споживання природних енергетичних ресурсів. Житлово-будівельна сфера споживає близько 20% усіх використаних у країні паливно-енергетичних ресурсів. Цю цифру необхідно зменшити.

У багатьох розвинених країнах після світової енергетичної кризи, що відбулась в 70-ті роки ХХ ст., були розроблені різні концепції з енергозбереження, у результаті реалізації яких річні витрати енергії в цих країнах були знижені на 30–40%.

Світова практика показує, що споживання енергії тільки в житловому секторі може бути скорочено принаймні у 2 рази, якщо впроваджувати новітні технології виробництва та експлуатації матеріалів і устаткування.

В умовах значної залежності економіки України від імпорту енергоносіїв цей напрям державної економічної політики є не менш важливим, ніж збільшення обсягів власного видобутку (виробництва) енергетичних ресурсів.

Енергозбереження є не тільки вирішальним, а й найдешевшим джерелом забезпечення потреб господарського комплексу в енергоносіях. Адже питомі капітальні витрати на енергозбереження набагато нижчі, ніж витрати на збільшення видобутку і виробництва енергоносіїв. У житлово-комунальному господарстві споживається 44% енергетичних ресурсів або 70 млн т умовного палива (у. п.), що становить близько 30% загального споживання палива в Україні.

Житловий фонд держави та соціальна сфера споживають 85% енергоресурсів від загального споживання галузю.

Щорічно галузь споживає електроенергії – біля 10,0 млрд кВт·год, природного газу – біля 14,0 млрд м³, вугілля – біля 1,5 млн т. Нетрадиційні та відновлювані види енергії становлять 0,87 млн т у. п.

Витрати на одного мешканця в Україні становлять 0,7–1,0 т у. п., у Європі цей показник значно менший.

Витрати енергоресурсів на одиницю виготовленої продукції та наданих комунальних послуг більш ніж у 1,5 рази перевищують закордонні показники.

Витрати палива на вироблення 1 Гкал тепла в комунальній теплоенергетиці становлять 160–180 кг у. п., у розвинутих країнах – 145–150 кг.

Перевитрати палива призводить до викидів в атмосферу 45 г/МДж CO₂ замість 26 г/МДж CO₂.

Енергоемність національного продукту в Україні сьогодні становить 0,89 кг у. п./дол. У розвинутих країнах Європи – у середньому у 3 рази менше (зокрема, у Німеччині – 0,26 кг у. п./дол.).

На сьогодні основним важелем зниження енергоємності продукції (послуг) має бути ефективно діюча система державного управління енергетичною сферою, наявність якої дасть змогу удосконалити законодавчу й нормативну базу енергопостачання та енергоспоживання, а також структуру кінцевого споживання енергоресурсів.

У житловому господарстві України є величезний потенціал ефективного використання енергії. Цей потенціал зосереджений як в постачанні енергією, її вимірі та обліку, так і в споживанні енергії. При цьому раціональне використання енергії не означає відмови від її використання або її браку. Це пов'язано з тим, що сучасне технічне обладнання, ефективна теплоізоляція й правильне ставлення до їхнього використання призводять, зокрема, і до підвищення комфорту для мешканців.

Сьогодні і населення, і бюджети різних рівнів, буквально, «викидають гроші на вітер», оплачуючи втрати тепла у відкритих під'їздах, у не утеплених горищах і підвалах будівель, через старі вікна, не відремонтовані стіни і через неекономічне, застаріле обладнання. Ураховуючи, що вартість енергоресурсів в Україні все більше наближається до світових цін, витрати на оплату житлово-комунальних послуг займають все більшу частку в бюджеті середньостатистичної української сім'ї.

Існує велика кількість досить простих технічних рішень, які дозволяють скоротити втрати ресурсів у житлових будинках при забезпеченні комфортних умов проживання, що, у кінцевому підсумку, має призвести до зниження витрат на утримання житла. Ці заходи, принаймні, їхня більшість, добре відомі в Україні і вже довели свою ефективність при правильному застосуванні. Але, на жаль, упровадження цих технічних рішень (крім, мабуть, пластикових вікон) в Україні в наших традиційних багатоповерхівках поки виглядає винятком із правил.

Енергія – це невід'ємна частина нашого життя, але все ж таки її виробництво завдає значної шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини. Використання будь-якого виду енергії й виробництво електроенергії супроводжується утворенням багатьох забруднювачів води і повітря. Запобіганням цьому може бути використання нових технологій на виробництвах. І в Україні є всі можливості для цього.

РОЗДІЛ 1 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЖИТЛОВОМУ ФОНДІ УКРАЇНИ

1.1 Огляд нормативно-правового забезпечення раціонального використання енергоресурсів в Україні

Проблема ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) є однією з ключових для забезпечення енергетичної безпеки України, оскільки їхній імпорт з року в рік становить близько 50% загального обсягу споживання; це зумовлює значну залежність від країн-експортерів. Водночас, потенціал енергозбереження на рівні держави, якого можливо досягти, становить 42–48% обсягу спожитих ПЕР. Його реалізація дозволить, загалом, зняти гостроту проблеми зовнішньої енергетичної залежності.

Власне, з появи у світовій практиці концепції "енергетичної безпеки" (уперше під такою назвою була підготовлена доповідь президенту США у 1987 р. співробітниками міністерства енергетики) енергозбереження було однією з найважливіших її складових. Відомо, що ліберальна економіка не спроможна вирішити питання досягнення високої енергоефективності; її забезпечують методами активної державної політики. Уперше на законодавчому рівні ця проблема була вирішена Законом України "Про енергозбереження", прийнятим Верховною Радою України у розпал кризових явищ в економіці 1 липня 1994 р. Він, з одного боку, став результатом значних компромісів політичних сил того часу і в остаточному варіанті був значно скорочений, порівняно з початковим проектом, утративши переважну кількість законодавчих норм прямої дії, а з іншого – містив низку положень періоду "романтизації" ринкових відносин: податкові та кредитні пільги, а також дотації, субсидії тощо для підтримки впровадження енергозберігаючих заходів, які не могли бути забезпечені з економічної точки зору. Проте цей Закон визначив головне: важливість проблеми енергозбереження для України та систему інституційних, регулятивних та заохочувальних заходів щодо режиму ощадного використання паливно-енергетичних ресурсів [1].

Інституційні засади енергозбереження були реалізовані шляхом утворення Держкоменергозбереження (ДКЕЗ) як центрального органу виконавчої влади, що здійснює державне управління і проводить єдину державну політику у сфері енергозбереження. Постановою Кабінету Міністрів України від 09.01.1996 № 20 "Про управління сферою енергозбереження" було передбачено створення підрозділів з енергозбереження в центральних органах виконавчої влади, до сфери управління яких входять підприємства та організації, що займаються добуванням, переробкою, перетворенням, транспортуванням, зберіганням та використанням ПЕР.

Крім того, Постановою Кабінету Міністрів України від 29.05.1996 № 575 "Питання Державної інспекції з енергозбереження" з метою здійснення контролю за виконанням нормативів витрат ПЕР на підприємствах, в установах і організаціях та забезпечення проведення державної експертизи з енергозбереження була створена Державна інспекція з енергозбереження та її територіальні органи.

Ці досить неординарні заходи були адекватними ситуації щодо безпрецедентного рівня енергоемності ВВП в Україні, який, до того ж, мав тенденцію до щорічного зростання. Постановою Кабінету Міністрів України від 07.02.1996 № 163 "Про загальнодержавний позабюджетний фонд енергозбереження" (зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 29.04.1996 № 478 "Про затвердження Положення про Фонд паливно-енергетичного комплексу") був створений загальнодержавний позабюджетний фонд енергозбереження з метою фінансування та матеріально-технічної підтримки заходів щодо раціонального використання й економії ПЕР. Передбачалось, що кошти Фонду формуватимуться за рахунок платежів за нераціональне використання ПЕР, а також інших надходжень, не заборонених законодавством. Проте фактично він не став помітним явищем у політиці енергозбереження внаслідок ілюзорності передбачених джерел його наповнення (платежі за нераціональне використання ПЕР виявились мінімальними в умовах кризової економіки та неплатоспроможності суб'єктів підприємницької діяльності). Цей фонд, як і стаття 13 Закону України "Про енергозбереження", що передбачала утворення позабюджетних фондів енергозбереження, були скасовані з прийняттям Закону України від 30.06.1999 № 783-14 "Про джерела фінансування органів державної влади". З урахуванням традицій, притаманних органам державного управління того часу і побудованих на основі адміністративних заходів, першим нормативно-правовим документом з енергозбереження стала постанова Кабінету Міністрів України від 15.07.1997 № 786 "Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві".

Система такого нормування нині має коригувати витратний механізм формування тарифів на комунальні послуги. Зокрема, ДКЕЗ затверджено граничні питомі норми витрат палива для котлів, які експлуатуються в Україні. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.07.1998 № 1094 "Про державну експертизу з енергозбереження" дала можливість впливати на майбутнє енергоспоживання промислових об'єктів та господарських будівель ще на стадії проектування й унеможливити закладення у проекти Управління житловим фондом використання застарілої техніки та конструкційних матеріалів. Така експертиза здійснюється Державною інспекцією з енергозбереження, спеціалісти якої беруть участь також у роботі робочих та державних комісій з прийняття в експлуатацію об'єктів, закінчених будівництвом та реконструкцією. Указом Президента України

від 16.06.1999 № 662 "Про заходи щодо скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами" було визначено завдання міністерствам та іншим центральним органам виконавчої влади, Раді міністрів Автономної Республіки Крим, обласним, Київській та Севастопольській міським державним адміністраціям забезпечити скорочення енергоспоживання бюджетними установами, організаціями та казенними підприємствами на 3–6% щорічно, починаючи з другого півріччя 1999 р., з поступовим досягненням загального обсягу економії 25%, порівняно з базовим 1998 р.; доручено також забезпечити протягом 1999–2004 рр. оснащення бюджетних установ, організацій та казенних підприємств лічильниками води й теплової енергії та приладами регулювання енергоспоживання.

До механізмів реалізації Указу належить, зокрема, проведення енергетичних обстежень (аудиту). Нині законодавчо урегульовано також питання просвітницької роботи з популяризації заходів енергозбереження, взаємної економічної відповідальності постачальників і споживачів ПЕР, енергоефективного маркування, паспортизації енергоспоживаючих об'єктів тощо.

Прийнято також Комплексну державну програму з енергозбереження (КДПЕ), якою передбачено конкретні заходи щодо підвищення ефективності використання ПЕР у всіх галузях економіки; Положення про матеріальне стимулювання колективів і окремих працівників підприємств, організацій та установ за економію паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві (затверджене спільним наказом ДКЕЗ та Мінекономіки від 21.06.2000 № 47/127, зареєстроване у Мін'юсті 10.07.2000 за № 405/4626). Крім того, прийнятий Закон України "Про теплопостачання" від 02.06.2005 № 2633-IV передбачає, що "у разі здійснення теплогенерувальними або теплопостачальними організаціями заходів з енергозбереження, які сприяли економії енергоносіїв при виробництві теплової енергії та зменшенню втрат під час її транспортування та постачання, орган виконавчої влади, який згідно з цим Законом регулює тарифи на теплову енергію, на три роки залишає тарифи на рівні, встановленому до впровадження цих заходів. Якщо протягом строку окупності змінюються ціни на енергоносії, то відповідною мірою коригується рівень тарифу". Законом України "Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу" від 05.04.2005 № 2509-IV теж передбачено певні преференції щодо впровадження когенераційних технологій.

В Україні існують такі механізми стимулювання виробництва відновлюваної електроенергії: 1) "зелений" тариф; 2) пільги в оподаткуванні; 3) пільговий режим приєднання до електричної мережі. Незважаючи на згадування в Законі України "Про електроенергетику" документа, що підтверджує походження електроенергії з відновлюваних

джерел, так званого "зеленого" сертифіката, схема застосування та обігу цих сертифікатів не знайшла свого розвитку у підзаконних нормативно-правових актах і не використовується державними регуляторами [2]. Відповідно до Закону про електроенергетику, "зелений" тариф – це спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена лише малими гідроелектростанціями). У цьому ж законі мала ГЕС визначається як електрична станція, що виробляє електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої не перевищує 10 МВт. Визначення альтернативних джерел енергії міститься в Законі України "Про альтернативні джерела енергії". Відповідно до вказаного Закону, альтернативними джерелами енергії є:

1) відновлювані джерела енергії, до яких належать сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів;

2) вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Стимулювання виробництва за допомогою "зеленого" тарифу поширюється майже на всі відновлювані джерела енергії (за винятком електроенергії, виробленої великими гідроелектростанціями). При цьому вся відновлювана енергетика розподілена на дві групи: 1) електроенергія, щодо якої законом встановлено гарантований мінімальний "зелений" тариф (енергія вітру, сонця, біомаси та малих ГЕС); 2) електроенергія, на яку гарантований мінімальний "зелений" тариф не поширюється. В останньому випадку "зелений" тариф встановлюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики (НКРЕ), виходячи з аналізу витрат на будівництво й утримання електростанцій та обґрунтованої норми прибутку виробника електроенергії. Електроенергія, вироблена з біомаси, підлягає продажу з урахуванням гарантованої мінімальної ставки "зеленого" тарифу. До 01.04.2013 така ставка не поширювалась на електроенергію, вироблену з біомаси нерослинного походження або біогазу. Ця ситуація змінилась з 01.04.2013. Із зазначеної дати "зелений" тариф поширюється також на біомасу тваринного походження та біогаз. При цьому "зелений" тариф надається лише за умови, що біомаса (біогаз) утворена з відходів. Продукція, спеціально створена для енергетичних потреб (наприклад, рослин, що є технічними культурами), не надає право на застосування "зеленого" тарифу. "Зелений" тариф не поширюється на електроенергію, для виробництва якої одночасно використовуються як відновлювані, так і традиційні джерела. Схема стимулювання виробництва електроенергії за допомогою "зеленого" тарифу встановлена до 01.01.2030 та поширюється на суб'єкти

господарювання, які виробляють електроенергію з відновлюваних джерел енергії на електростанціях, введених в експлуатацію в період її чинності. Держава гарантує законодавче закріплення вимоги про закупівлю електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, протягом усього строку дії порядку стимулювання, і оплату такої електроенергії в повному обсязі. Розмір "зеленого" тарифу на електроенергію, вироблену електростанціями, що будуть введені в експлуатацію або істотно модернізовані після 2014, 2020 і 2024 рр., знижується на 10%, 20% і 30%, відповідно. Електростанції вважаються істотно модернізованими, якщо вартість модернізації енергетичного обладнання перевищує 50% від його початкової вартості. До проектів, які претендують на застосування "зеленого" тарифу, законодавством встановлені вимоги щодо обов'язкової закупівлі частини товарів та робіт українського походження. Розмір частки українських матеріалів, обладнання, послуг і робіт залежить від дати прийняття об'єкта в експлуатацію та різновиду використовуваного відновлюваного джерела енергії. Українське походження матеріалів і робіт підтверджується сертифікатами, що видаються Торгово-промисловою палатою України або регіональними торгово-промисловими палатами. Відповідність фактичного розміру української частки вимогам законодавства підтверджують визначені в спеціальному порядку експертні організації. Електроенергія за "зеленим" тарифом може бути продана Державному підприємству "Енергоринок" (яке зобов'язане закуповувати електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел) або напряму споживачам. Однак в останніх відсутні будь-які економічні та регуляторні стимули на закупівлю електроенергії за підвищеними "зеленими" тарифами [3].

Більшість обладнання електростанцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії, може бути розташована тільки на земельних ділянках, які мають цільове призначення "землі електроенергетики". Як виняток, об'єкти передачі електроенергії (повітряні та кабельні лінії електропередачі, трансформаторні підстанції, розподільчі пункти та пристрої) можуть бути розташовані на землях будь-якого цільового призначення. Необхідно враховувати, що в Україні встановлено мораторій на зміну цільового призначення більшості сільськогосподарських земель. Постачальники, які передають електроенергію власними розподільчими мережами, не мають права відмовляти виробникам електроенергії з відновлюваних джерел у приєднанні до таких мереж.

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) в Україні становлять близько 2,7% в енергетичному балансі країни. Для порівняння: сьогодні в країнах ЄС ця цифра становить 9% з метою досягти 20% в 2020 р. Одним з перевірених і дієвих механізмів стимулювання використання ВДЕ у світі є механізм "зелених тарифів" для електроенергії, виробленої з ВДЕ. В Україні такий механізм, на щастя, також діє з квітня 2009 року і зелені тарифи встановлено для електроенергії, виробленої з сонця, вітру, гідроенергії і твердої біомаси.

На жаль, у Законі була пропущена опція "зеленого" тарифу для електроенергії з біогазу. Практично, починаючи з моменту прийняття закону в 2009 р., експерти неодноразово переконували Уряд і Верховну Раду України в необхідності прийняття "зеленого" тарифу на електроенергію з біогазу. Як результат – 6 жовтня 2011 р. Верховною Радою України 349 голосами був прийнятий законопроект № 8028 "Про внесення змін до статті 17-1 Закону України «Про електроенергетику» про вдосконалення системи тарифоутворення на електроенергію, яка виробляється з біогазу", що встановлював "зелений" тариф для електроенергії з біогазу на рівні 116,9–157,9 коп/кВт·год залежно від потужності установки і типу сировини. Досить несподівано він був ветоований Президентом України в листопаді 2011 р. Щоб розібратися в ситуації, яка склалася, і виробити загальну експертну думку з цього питання, 31 січня 2012 р. громадська організація Київський міжнародний енергетичний клуб "Q club" і НТЦ "Біомаса" ініціювали та провели відкриту публічну дискусію "Чи потрібен Україні «зелений» тариф на біогаз?". В обговоренні взяли участь більше п'ятдесяти експертів. За результатами цієї наради всі озвучені рекомендації були оформлені у вигляді відкритого листа Президенту України з копіями Прем'єр-міністру України та Голові Верховної Ради України [4].

Український державний лідер пояснив такий крок цілою низкою факторів: юридичних та цінових. "Згідно з розрахунками, в Україні вартість електроенергії, виробленої з біогазу, після 2017 року буде вищою, ніж вартість традиційної електроенергії з викопних видів палива", – ідеться в документі.

Водночас, директор київського НТЦ "Біомаса" Георгій Гелетуха вважає ці твердження хибними. Його центр навіть надіслав критичного листа на ім'я голови комітету Верховної Ради України з питань паливно-енергетичному комплексу. На його думку, вето президента надсилає дуже негативний сигнал усім інвесторам, але найбільш боляче б'є саме по вітчизняним, які вже розраховували на здійснення конкретних проектів. Після накладання вето на Закон більшості інвесторів буде просто не вигідно вкладати кошти у біогазові установки. "Без «зеленого» тарифу навіть на електриці, підведеної до біогазових установок, інвестори витратять більше, ніж зможуть заробити", – підкреслює Гелетуха [5].

Попри це, експерт припускає, що низку біогазових проектів, які вже перебували у стадії активної розробки, серед них, можливо, і зведення великої біогазової установки на Донеччині, поки доведеться заморозити. Водночас, в асоціації "Біомаса" все ж сподіваються на те, що Верховна Рада України та Президент України ще повернуться до цього Закону й ухвалять його повторно. [4]

1.2 Фінансові заходи ефективного ресурсозбереження

Головні резерви ресурсозбереження в житловому фонді – це ефективне утримання не окремої квартири, а всього будинку загалом. Щоб забезпечити таке утримання, власники мають залучати професіоналів. Проте існуюча в Україні система управління житловим фондом не стимулює енергозбереження як вид комерційної діяльності внаслідок того, що житлові організації займають монопольне становище на ринку послуг і відсутня мотивація до впровадження ринкових відносин у житловій сфері. Притоку інвестицій та кредитів в енергозбереження сприятиме послідовна інвестиційна політика держави та загальна стабілізація економіки. Основними проблемами енергозбереження в житловому фонді є застарілі системи регулювання підігріву гарячої води, регулювання температури теплоносія в перехідні періоди, недостатня кількість теплотільників тощо. У цьому секторі практично немає інвестицій на реконструкцію і модернізацію інженерної інфраструктури, спрямованих на реалізацію заходів з енергозбереження. З кожним роком зростають витрати на виробництво послуг тепlopостачання, лівову частку яких становить паливо та електроенергія, що показано на рисунку 1.1 [6].

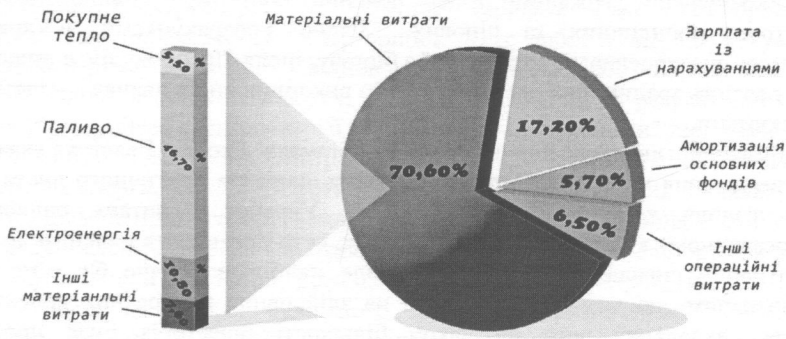


Рисунок 1.1 – Витрати на виробництво послуг тепlopостачання

Серед основних проблем, які гальмують впровадження енергозбереження, варто назвати відсутність в Україні механізму реалізації та фінансування енергозберігаючих програм і проектів, а також механізмів економічного стимулювання ощадливого споживання енергоносіїв. Програми, які приймаються Урядом України з питань енергозбереження, і заходи, які плануються місцевою виконавчою владою різних рівнів, не знаходять свого практичного втілення.

Удосконаленню фінансової та інвестиційної політики енергозбереження в житловому фонді сприятиме державна підтримка

підприємців, організацій та підприємств усіх форм власності, які інвестують кошти в енергозберігаючі заходи у житловому фонді, захист інвестицій та зменшення ризиків.

Водночас, необхідно провести заміну існуючої системи пільг та дотацій на житлово-комунальні послуги адресною соціальною допомогою, а також створити для цього відповідну законодавчо-нормативну базу.

На регіональному і місцевому рівнях потрібно:

– створити ефективне конкурентне середовище у житловій сфері шляхом роздержавлення існуючих та залучення приватних експлуатаційних житлових організацій на конкурсних засадах та договірних засадах з метою впровадження заходів з енергозбереження та зменшення витрат енергоносіїв;

– сформувати механізми залучення позабюджетних коштів для енергозбереження та стимулювати впровадження енергозберігаючих заходів у житловому фонді;

– залучати кошти населення для фінансування заходів, які не потребують значних капіталовкладень, з подальшою компенсацією витрат за рахунок енергозбереження і, як наслідок, зменшення вартості послуг.

1.3 Контрольні питання

1. Назвіть основні нормативно-правові документи в галузі енергозбереження України.
2. Назвіть основні проблеми енергозбереження в житловому фонді.
3. Назвіть можливі шляхи вирішення проблем з удосконалення фінансової та інвестиційної політики енергозбереження в житловому фонді.
4. Які основні засади передбачає Закон України "Про теплопостачання"?
5. Які джерела енергії є альтернативними, відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії»?
6. Основні механізми стимулювання виробництва відновлюваної електроенергії?
7. Дайте визначення поняттю «зелений тариф».
8. Які законодавчі вимоги висуваються до проєктів, що претендують на "зелений" тариф?
9. Які особливості застосування "зеленого" тарифу для вироблення електроенергії з біогазу?
10. Що передбачає застосування мінімального "зеленого" тарифу?

РОЗДІЛ 2
ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ
З РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ
В ЗАКОРДОННІЙ ПРАКТИЦІ

Світовий досвід свідчить про можливість економії паливно-енергетичних ресурсів за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій, матеріалів та заходів (таблиця 2.1) [1].

Таблиця 2.1 – Енергозберігаючі заходи в житлових будівлях

Номер заходу	Назва заходів з упровадження енергозберігаючих технологій	Очікувана економія паливно-енергетичних ресурсів, %	Примітки
1	2	3	4
1 Економія теплової енергії при опаленні будівель			
1.1	Автоматизація та диспетчеризація котельень, абонентських вводів, центральних теплових пунктів	до 15	від загальних витрат тепла
1.2	Установлення на вводах теплолічильників, контроль за витратою тепла	до 5	
1.3	Використання регульованих елеваторів на вводах	3–8	
1.4	Перехід в опалювальних системах від теплоносія пари до води	20–30	від навантаження на опалення
1.5	Зменшення у вихідні та неробочі дні температури у приміщеннях до 10 °С	10–15	
1.6	Періодичне відключення систем опалення складів, сховищ тощо при плюсових зовнішніх температурах	3–7	від загальних витрат тепла
1.7	Проведення пофасадного регулювання	3–20	
1.8	Встановлення на нагрівальних приладах терморегуляторів (місцеве регулювання)	6 – 7	
1.9	Установлення радіаторних рефлекторів (екранів з алюмінієвої фольги) між зовнішньою стіною та нагрівальним приладом	1–5	
1.10	Періодичне промивання систем опалення	3	
1.11	Налагодження та вдосконалення роботи регульовальних та опалювальних приладів	2–5	
2 Підвищення теплового захисту будинків (зниження тепловитрат)			
2.1	Збільшення опору теплопередачі зовнішніх огорожень існуючих будинків:		від навантаження на опалення

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
	на 10%	2-4	
	на 20%	4-8	
2.2	Використання багатошарових зовнішніх панелей з ефективним утеплювачем та негнучкими зв'язками	до 30	від витрат тепла через зовнішні огороження
2.3	Створення теплих горіщ та подвійних тамбурів	3-5	від витрат тепла на опалення
2.4	Використання розділених віконних рам замість спарених	3	
2.5	Використання заповнень віконних прорізів з три- та чотиришаровим склінням	4-6	
2.6	Використання заповнень віконних прорізів з теплозахисним склом	3-5	
2.7	Використання спеціальних пристроїв на світлотехнічній плівці як штор	до 15 кг у. п. на рік на 1 м ² засклення	
2.8	Зменшення розмірів віконних прорізів до норми натурального освітлення	6-8	
3 Економія теплової енергії при гарячому водопостачанні			
3.1	Використання змішувачів з регуляторами температури	до 3	від витрат тепла на ГВП
3.2	Забезпечення необхідної циркуляції води за рахунок конструктивних рішень та використання малошумних безфундаментних pomp	до 5	
3.3	Установлення поетапних дросельних шайб чи стабілізаторів тиску для вирівнювання та зменшення водозабору	1,5	
3.4	Організація обліку витрат гарячої води	5	
3.5	Утилізація теплоти стічних вод	6,9	
4 Економія теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря			
4.1	Зменшення обміну повітря в нічний час та у вихідні до 0,5 м ³ /год в приміщеннях, що не використовуються	не менше 10	від витрат тепла на опалення
4.2	Автоматичне регулювання температури припливного повітря	10	від витрат тепла на вентиляційні системи

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4.3	Утилізація тепла витяжного повітря	5–10	від витрат тепла на підігрів припливного повітря
4.4	Локалізація шкідливих виділень усередині приміщень	до 50	від витрат тепла на вентиляційні системи
4.5	Використання поворотних розподільників повітря, які дозволяють подавати повітря з великою різницею температур	до 100	від витрат тепла на підігрів припливного повітря
5 Економія палива за рахунок використання тепла з низьким потенціалом, вторинних енергоресурсів та відновлювальних джерел енергії			
5.1	Використання геліоустановок у системах опалення та ГВП	до 120–180 кг у. п. щорічно на 1 м ² геліоприймача	порівняно з витратами теплоти в будівлях з традиційними системами
5.2	Упровадження сонячних пасивних систем опалення	30–40	від загальних витрат теплоти на традиційне опалення будівель
5.3	Упровадження теплових pomp, що використовують низькотемпературний потенціал для теплопостачання	до 70	від загальних витрат теплоти на теплопостачання

На житловий фонд припадає значна частка у загальному обсязі споживання енергії народним господарством, зниження якої дозволить зекономити енергоресурси та зменшити викиди вуглекислу в атмосферу. Тому саме теплотехнічна санація будинків є ефективним способом досягнення сталого стану будинків та охорони клімату й навколишнього середовища.

Споживання понаднормативної енергії будинком означає значні втрати коштів, які замість того, щоб бути використаними для створення додаткової вартості, витрачаються на чисте споживання і тільки обтяжують домашні господарства. У разі поступового підвищення цін на енергоносії в майбутньому, такі домашні господарства будуть поставлені перед ризиком додаткових витрат і дефіцитом постачання. Будинки з теплоізоляцією мають вищий температурний комфорт і менші ризики з огляду як на зростання цін на енергоносії, так і у відношенні обмеження комфорту.

З огляду на наведені вище переваги, оціночна вартість житлового будинку (і відповідно, квартир), де проведено енергозберігаючі заходи, значно вища, особливо з погляду довгострокової перспективи, ніж аналогічна вартість будинку без покращення конструктивних елементів і, до того ж, погано герметизованого. Під час вибору та впровадження ефективних енергозберігаючих заходів у житловому фонді роблять принципову різницю між:

- заходами, що стосуються опалювального устаткування й технічних постачальних і розподільних мереж; вони покращують коефіцієнт корисної дії (наприклад, параметри з опалення/параметри із споживання) опалювального устаткування або підготовки гарячої води;

- заходами, які впливають на споживання теплової енергії; ці заходи стосуються огорожувальних конструкцій будинку та вентиляції.

2.1 Вибір заходів з енергозбереження та принцип їхнього поєднання з ремонтом або модернізацією будинку

Значні втрати тепла в будинках без теплоізоляції або в погано ізованих будинках виникають, загалом, через високу теплопровідність огорожувальних конструкцій (так звані трансмісійні втрати). Однак існує низка будівельно-технічних заходів, які дають змогу значно скоротити ці втрати. Такі заходи порівняно недорогі в реалізації і, загалом, економічно рентабельні. Стандарт теплопровідності будинку, який визначає потребу в тепловій енергії, має більше значення, ніж втрати тепла через систему опалення, котра має забезпечувати потреби у теплі. Тому доцільно, щоб система опалення розраховувалась згідно з обсягами тепла, необхідного для опалення конкретного будинку. Якщо теплоізоляція будинку буде проведена після модернізації системи опалення, це може призвести до надлишкового споживання тепла у будинку, наслідком якого може бути не лише підвищення комфортності будинку, а й надзвичайно високі інвестиції. Варто наголосити, що насамперед має бути проведена енергосанация будинку і лише потім модернізована система опалення. Інша причина, через яку доцільно проводити теплотехнічну модернізацію не

лише системи опалення, а й усього будинку полягає в тому, що будинок розрахований на довший строк експлуатації, ніж технічне обладнання. Теплотехнічний стандарт для будівель встановлюється на довший строк, ніж для систем опалення.

Для визначення потреби будинку в тепловій енергії існує кілька простих алгоритмів розрахунку енергобалансу будинку. При цьому розраховуються як втрати тепла при трансмісії та вентиляції, так і отримання додаткового тепла від сонячної енергії, що надходить через вікна, а також виникає усередині приміщення шляхом накопичення тепловіддачі людей та побутових електроприладів. Ці програми дозволяють спланувати та надійно оцінити усереднену потребу будинку в тепловій енергії за середніми нормами споживання.

Для теплотехнічної санації житлового фонду можна використати низку різноманітних, з успіхом застосовуваних упродовж десятиліть, теплоізоляційних матеріалів та систем, які знаходять широкий попит на ринку будівельних матеріалів. Технічні можливості для збереження теплової енергії ще не вичерпані. За високої потреби у заходах з теплоізоляції очікується, що й надалі будуть розроблятися нові технології, які сприятимуть розширенню наявного ринку теплоізоляційної продукції. Принципово важливим є поєднання заходів теплотехнічної санації з першочерговими роботами з ремонту чи модернізації будинку та його окремих елементів. Тобто для додаткового створення оптимальної теплової ізоляції варто використати найбільш сприятливий час, коли так чи інакше потрібно проводити ремонтно-будівельні роботи. Через поєднання заходів можна значно скоротити витрати на ізоляцію, що значно підвищить їхню ефективність.

Якщо ремонтні роботи не супроводжуватимуться відповідними ресурсозберігаючими заходами, то можливості з покращення ситуації будуть втрачені на багато десятиліть наперед. При проведенні модернізації будинків потрібно завжди передбачати заходи з підвищення тепло-ефективності шляхом збільшення товщини захисного шару, оскільки витрати на додаткові сантиметри ізоляційного матеріалу, як правило, невисокі.

2.2 Енергетичний баланс і енергетичний паспорт

Під час планування заходів з енергозбереження необхідно розраховувати енергетичний баланс будинку з урахуванням потреби в опаленні приміщень, гарячого водопостачання, втрат тепла в розподільчих мережах та накопичувачах, а також рівень ефективності системи виробництва тепла. Порівняння розрахункових параметрів з показниками аналогічних будинків, що пройшли повну ресурсозберігаючу

модернізацію, покаже якість ресурсозбереження в цьому будинку. Енергетичні сертифікати (або паспорти) будинків, у котрих фіксується якість ресурсозбереження при опаленні, є гарним інструментом для власників та мешканців будинку. Для формування енергетичного паспорта необхідні чіткі алгоритми розрахунку загальної потреби в ресурсах та правила подання цих даних у документі. У країнах ЄС широке запровадження енергопаспортів (для кожного нового будинку і для кожного старого будинку при зміні власника) почнеться, імовірно, у найближчі роки відповідно до останньої директиви ЄС. Нижче на рисунку 2.1 наведено проект енергопаспорта, розроблений Німецьким агентством енергетики (dena), що використовується як стандарт у Німеччині.

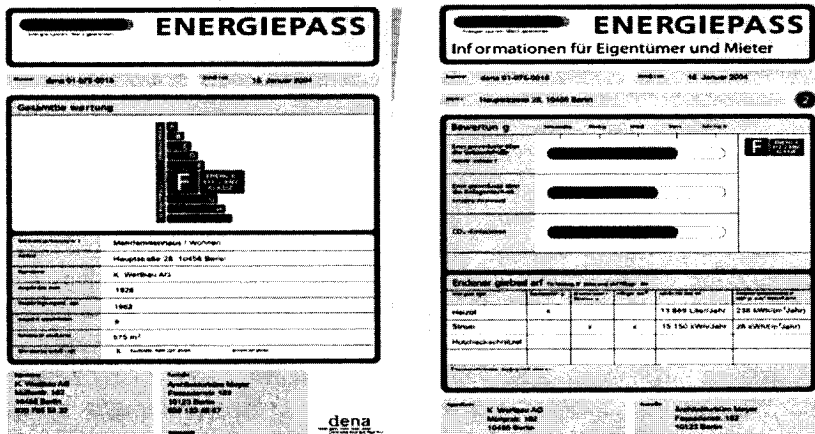


Рисунок 2.1 – Приклад енергетичного паспорта будівлі

2.3 Будівельні конструкції та заходи з теплотехнічної санації

Вид та обсяги енерготехнічних заходів під час санації, що рекомендуються, були вибрані виходячи із будівельно-технічних можливостей та їхньої економічної оцінки. При цьому принципово важливо мати на увазі, що заходи в галузі будівельно-ремонтних робіт, загалом, економічно вигідні тоді, коли вони поєднані із заходами щодо теплотехнічної санації будинку. З одного боку, це дає шанси з порівняно невеликими інвестиційними коштами досягти високого рівня енергозбереження. З іншого боку, існує небезпека "забути" під час проведення "швидкого" ремонту про заходи з енергозбереження, або вони

будуть проведені не оптимально, що не дасть очікуваної економії у довгостроковій перспективі.

Під час санації житлового фонду у Східній Німеччині на першому місці було усунення пошкоджень конструктивних елементів будинків, хоча на практиці саме заходи з теплотехнічної санації найчастіше є найбільш доцільними з погляду ліквідації або нівелювання будівельних ушкоджень. І це досить добре видно на панельних будинках. Дуже часто шари теплоізоляції не могли далі виконувати свої захисні функції, мали тріщини, пориви, а в місцях з'єднань конструктивних елементів на фасадах не мали вже замкнутої ізоляційної оболонки. Такого роду ушкодження найчастіше спостерігаються на будинках, зведених індустріальним способом. Причиною цього було те, що в НДР під час будівництва застосовувався неякісний бетон та недостатнє армування.

Застосування композиційних теплоізоляційних системи і вентиляованих фасадів не лише усуває будівельні ушкодження, а й зменшує вплив вологи та термічне навантаження на конструктивні елементи будинку і, таким чином, ефективно запобігає появі нових ушкоджень. Більшість заходів з теплотехнічної ізоляції, що стосуються зовнішньої поверхні будинку, можна використати також з метою архітектурного рішення; це стосується, насамперед, фасадів.

Саме при індустріальному способі зведення будинків у Східній Німеччині ця можливість використовувалася дуже часто, оскільки вона дозволяла одноманітним фасадам надати більшої виразності. До архітектурних рішень відносяться зокрема:

- широкі можливості кольорового оформлення фасадів при застосуванні теплоізоляційних композитних систем: структурний шар штукатурки, сегментне облицювання, з допомогою якого досягається ефект цегляної кладки, структуризація поверхні стін шляхом застосування різної товщини шарів ізоляції, прокладання додаткових декоративних профілів;
- при застосуванні навісних вентиляованих фасадів різноманітність облицювальних матеріалів, швів, створення багатошарових фасадів;
- застосування різних систем ізоляції на різних конструктивних елементах одного і того ж будинку дозволяє ширше використати інші можливості архітектурних рішень.

На початку 90-х р. для додаткової санації було встановлено такі оптимальні товщини теплоізоляції: ізоляція фасаду (наприклад, теплоізоляційна композитна система із стирополу) – 12 см; внутрішня теплоізоляція – 6 см; ізоляція даху з крутими схилами – 20 см; холодний дах з ізоляцією методом накачування, зокрема перекриття верхнього поверху – 20 см; плоский дах (теплий дах) – 12–15 см.

Але на практиці дуже рідко проводилися енерготехнічні заходи з такою якістю. Звичайними на той час були шари ізоляції з незначною товщиною,

що зумовлювалось ілюзією утримання низьких цін на енергію упродовж тривалого періоду.

2.4 Контрольні питання

1. Перерахуйте основні енергозберігаючі заходи в житлових будівлях.
2. Які можливі заходи економії теплової енергії при опаленні будівель?
3. Які заходи з підвищення теплового захисту будинків Ви знаєте?
4. Як можна економити теплову енергію при гарячому водопостачанні?
5. Назвіть енергозберігаючі заходи економії теплової енергії в системах вентиляції та кондиціонування повітря.
6. Що собою передбачає економія палива за рахунок використання тепла з низьким потенціалом, вторинних енергоресурсів та відновлювальних джерел енергії?
7. Черговість виконання модернізації системи опалення щодо енерго-санації будинку?
8. Які вихідні дані необхідні для формування енергетичного паспорту?
9. Дайте визначення поняттю «теплотехнічна санація».
10. Виконання яких рішень передбачає теплотехнічна санація?

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ ТА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Будівельні конструкції та будівлі з урахуванням матеріально-виробничих можливостей і витрат на експлуатацію будинків мають відповідати таким основним теплотехнічним вимогам:

- забезпечувати в будівлі необхідний температурний режим; попереджати конденсацію водяної пари на поверхні або всередині конструкції;
- забезпечувати необхідну повітропроникність будівельних конструкцій, швів і стиків;
- забезпечувати найменші теплові втрати і споживання енергії на опалення.

3.1 Особливості проектування енергоекономічних будівель традиційного типу

Енергоекономічною вважається будівля, у якій під час проектування, будівництва та експлуатації здійснено максимальну кількість заходів, спрямованих на економію паливно-енергетичних ресурсів.

Основними шляхами економії енергії в громадських будівлях є підвищення теплової ефективності будівельних конструкцій, архітектурно-планувальних рішень, інженерних систем, застосування нетрадиційних видів енергії.

Досягнути цього можна такими заходами: збільшенням теплозахисту стін, у тому числі стиків, вікон, ориш і т. п.; покращенням вологісного режиму зовнішніх огорожень; зменшенням площі зовнішньої поверхні будівель; проектуванням фасадів з урахуванням вітрового захисту; раціональним плануванням приміщень; застосування більш осучаснених систем опалення та вентиляції; автоматизацією систем опалення з по-фасадним регулюванням; автоматизацією мікроклімату будівлі; утилізацією тепла витяжного повітря, що виходить через зовнішні захисні конструкції.

Створення енергоекономічних будівель пов'язано з удосконаленням усіх його складових елементів.

Критерієм економічної ефективності енергозберігаючих заходів має слугувати мінімум приведених енерговитрат [7].

Одним із основних напрямків підвищення теплової ефективності будівлі є підвищення якості будівельних матеріалів, конструкцій та їхнього монтажу. Важливим є відповідність доставлених на будівельний майданчик матеріалів і виробів існуючим технічним вимогам. Наприклад, через завищені порівняно з нормативними вологість та густину бетону

теплозахисті показники стін житлових будівель в середньому на 20% нижчими, ніж мінімально допустимі за гігієнічними вимогами. При цьому відповідно погіршується мікроклімат житла. Також необхідно удосконалити методи розрахунків енергетичних процесів в будівлях.

Для правильного визначення внутрішнього мікроклімату та практичних витрат при проектуванні енергоекономічних будівель необхідно правильно вибрати архітектурно-планувальні рішення. При цьому велике значення має правильна орієнтація будівлі, топографія ділянки, ґрунт, кількість сонячної радіації, вітрові характеристики, опади, водоймища, рослинність. На внутрішній мікроклімат впливають сонячна радіація та природна вентиляція, яка безпосередньо залежить від орієнтації будівлі та переважаючих вітрів.

Процес проектування енергоекономічних будівель має починатися з аналізу об'ємно-планувальних рішень.

До заходів з підвищення теплової ефективності, згідно з нормативними вимогами, належать: зменшення зрізаності зовнішніх стін зі зменшенням показника питомого периметра зовнішніх стін до $0,25 \text{ м/м}^2$ загальної площі і менше, збільшення ширини корпусу будівлі за рахунок збільшення глибини кімнат та кухонь; для кухонь допускається зменшення ширини при однорідному розміщенні обладнання до 1,9 м; максимально можливе зменшення площі світлових прорізів; створення блок-секцій.

Можна виділити декілька типів вихідних об'ємно-планувальних рішень: точковий, лінійний, терасний і т.п. Зменшення тепловтрат *точкових будівель* досягається створенням компактних (близьких до квадрата) планувальних рішень, збільшенням їх розмірів в плані.

Лінійні будівлі з меридіальною орієнтацією поздовжньої осі мають дворядне блокування квартир, що дозволяє організувати широкий корпус, підвищує теплову ефективність будівлі. Двохрядне блокування квартир сприяє зменшенню інфільтрації холодного повітря. Удосконалення форм лінійних будівель з широтною орієнтацією полягає в збільшенні протяжності корпусів і застосуванні максимально можливої поверховості. Для зменшення втрат тепла до північної стіни можуть бути прибудовані, наприклад, гаражі, господарські приміщення, виконано блокування квартир з утворенням замкнутого контуру забудови.

На теплову ефективність *терасного типу будівлі* впливають крутість схилу, а також конфігурація квартир, розміщення їх уздовж або поперек схилу, розміри в плані, конфігурація заглиблених в ґрунт та зовнішніх стін, орієнтація схилу. У терасних будівлях меридіальної орієнтації економія тепла досягається дворядним блокуванням квартир двосторонньої орієнтації, забезпеченням великої глибини квартир, розміщенням по схилу максимальної кількості поверхів, зменшення інфільтрації досягається застосуванням квартир без наскрізного провітрювання.

Рекомендуються: 1) три-, чотириточкові будівлі з чотирьох-восьми блоків (квартири в декількох рівнях); 2) три-, п'ятиповерхові односекційні

будівлі з чотирма–шести квартирами на поверсі (прямокутної конфігурації); 3) чотири-, п'ятиповерхові будівлі комбінованої планувальної структури (з терасним розміщенням Г-подібних блоків квартир) лінійної, лінійно-розгалуженої, подвоєної забудови. Доцільним є застосування будівель з об'ємно-планувальними рішеннями, що відрізняються збільшеною глибиною корпусу. Рекомендуються три-, чотириповерхові блоковані будівлі з прямокутних блоків великої (більше 10 м) протяжності двосторонньої орієнтації; три-, чотириповерхові блок-секції; чотири-, шестиквартирні меридіальної орієнтації з центрально розміщеною сходовою кліткою; три-, п'ятиповерхові будівлі комбінованої планувальної структури, секційно-галерейні (коридорні), секційно-блоковані або галерейно-блоковані, зокрема з атріумними квартирами в першому поверсі.

Найменш комфортні – секційні, найбільш – блоковані.

Підвищення комфорту в будівлях секційно-планувальної структури можна досягти шляхом збільшення площі літніх приміщень (лоджії або веранди), організацією при квартирах перших поверхів ділянок з виходами на них з квартири; розширення складу додаткових підсобних приміщень та їхнього розміщення на поверхах (наприклад, на цокольному поверсі).

Ефективним планувальним прийомом в житлових будівлях є створення системи природної вентиляції шляхом збільшення частини приміщень (так звана "Сонячна труба") та розміщення вентиляційних отворів як у нижній, так і у верхній зонах. Організація вертикальних повітряних потоків в житлових будівлях дозволяє, практично, без спеціальних технологічних обладнань створити ефективну систему провітрювання та обігріву житлового простору, тому отримують широке розповсюдження двосвітлові, атріумні простори в житлових будівлях.

Максимальна економія тепла, яку можна отримати у разі застосування усіх енергозберігаючих заходів: 43% – для 5-поверхових, 40% – для 9-поверхових будівель.

Аналіз результатів розрахунків дозволяє зробити такі висновки: 1) теплова ефективність будівель при влаштуванні зашкленених лоджій збільшується на 8%, при влаштуванні вентиляційних каналів в стінах – 2–3%, при влаштуванні вентиляційних конструкцій наповнення світлових прорізів – на 5%. Облік направленої дії клімату при визначенні оптимальних розмірів та орієнтації будівлі дозволить зменшити встановлювальну потужність обладнання і витрати теплової енергії в холодний період року на 12–15%; 2) при влаштуванні комплексу заходів з підвищення теплової ефективності будівель питомі витрати тепла знижуються на 27,6%, а сумарні витрати тепла за опалювальний період – 46%, включаючи економію тепла за рахунок інтенсивного використання сонячної енергії в зимовий період.

Таким чином, типова структура витрат теплової енергії в будівлі виглядає таким чином:

- зовнішні стіни 35–45%;
- вікна 20–30%;
- вентиляція 15%;
- гаряча вода 10%;
- дах, підлога 5–10%;
- трубопровід, арматура 2%.

Тепловтрати в будівлях відбуваються, переважно, у вигляді дисперсії тепла зовнішніми захисними конструкціями, що виникає і посилюється при зростанні різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря, а також в результаті посиленої інфільтрації зовнішнього (і відповідно, ексфільтрації внутрішнього) повітря під тиском вітру і внаслідок виникнення в забудові різних аеродинамічних ефектів (ефектів "кута", "вихрового ролика", Вентурі, "зв'язки", "отворів", "каналізації" та ін., що виникають, згідно з дослідженнями, при висоті забудови більше 15 м). Було встановлено, що об'ємно-планувальними і ландшафтними засобами можна домогтися істотного зниження тепловтрат, зокрема, за рахунок:

- скорочення площі зовнішніх огорожень відносно внутрішнього об'єму будівлі, тобто підвищенням його просторової та об'ємної компактності. Так, мінімальні співвідношення площі поверхні до внутрішнього об'єму: мають куля, циліндр і куб – саме ці форми забезпечать граничне зниження дисперсії тепла будівлею. За даними вітчизняних дослідників, зміна питомого периметра стін на 0,01 м призводить до збільшення питомої витрати тепла на 1,25–1,75% у п'яти- і на 1,5–2,0% у дев'ятиповерховому будинку; крім того, компактність форми підвищується зі збільшенням її розмірів: так, істотне зниження питомих витрат тепла відбувається при збільшенні ширини корпусу будівлі (з 11 до 14 м – на 6 – 7%, до 15–16 м – на 12–14%, до 18 м – на 16–20%);

- оптимізації площі світлових прорізів. Світлові прорізи мають високу теплопровідність і тому є основним джерелом тепловтрат в будівлях; наприклад, при збільшенні нормативної освітленості житлових приміщень з 1:5,5 до 1:4 (співвідношення площ світлових прорізів і підлоги) питомі витрати тепла зростають в середньому на 5% в п'яти- і на 6–7% в дев'ятиповерхових будинках;

- теплового зонування опалюваного об'єму будівлі й прибудови навколо нього (так званих буферних просторів) – неопалюваних приміщень з проміжною (відносно внутрішнього й зовнішнього середовища) температурою; відомо, що швидкість теплопередачі, а отже, і масштаби тепловтрат визначаються амплітудою температур контактних середовищ: швидкість тим вища, чим більша ця амплітуда. Таким чином, теплове зонування, що припускає формування теплового ядра будинку в приміщеннях з максимальними розрахунковими температурами і теплоємними конструкціями, і буферного простору, що формують подвійну оболонку опалюваного об'єму створюють ефект "енергетичного

каскаду" опосередкованої (багатоступінчастої) теплопередачі від внутрішнього середовища до зовнішнього. Скорочення амплітуди температур контактних середовищ дозволяє помітно знизити тепловтрати. Найбільший ефект буферні простори дають при розміщенні їх у тих частинах будинку, де спостерігаються максимальні амплітуди температур опалюваних приміщень і зовнішнього середовища: у зоні покриття (де функції буфера виконує горище) і біля стін північної орієнтації, що погано прогріваються сонячним випромінюванням (буфером можуть бути різні господарські прибудови, пристінні холодні шафи і т. д.). Крім того, буферні простори захищають захисні конструкції від вітрових впливів, унеможливаючи небажану "напірну" інфільтрацію зовнішнього повітря в опалюваний об'єм будинку і перезволоження, що впливає, як правило, на різке погіршення теплотехнічних властивостей огорожень та їхнє прискорене руйнування;

- розсіювання повітряних потоків – використання відповідних просторових і об'ємних форм ландшафту (зокрема, будівель). Відомо, що крім швидкості повітряного потоку сила вітрового напору визначається кутом падіння потоку на поверхню; тому найменший вітровий тиск відчувають обтічні (аеродинамічні) – сферичні, циліндричні та інші криволінійні, а також конусоподібні й пірамідальні ("ефект піраміди") об'ємні форми (за даними Ю. Лебедева, найбільш пристосованою до сприйняття, наприклад, гравітаційних і вітрових навантажень є форма конуса);

- зниження швидкості руху і турбулентності повітряних потоків поблизу будівель (їхніх огорожувальних конструкцій), наприклад, використання форм рослинності як природних вітрозахисних бар'єрів. Відомо, що рослинні форми різної щільності й висоти здатні досить значно скорочувати швидкість вітрового потоку, забезпечуючи при цьому зони "вітрового затищення" глибиною, рівною 20–25 висот такого рослинного бар'єра; пристінна рослинність також істотно знижує активність вітрових впливів на будівлі (турбулентність повітряних потоків біля зовнішніх огорожень; сумарне зниження тепловтрат завдяки раціональному використанню рослинних форм ландшафту може сягати 40%).

Найбільш ефективно проблеми зниження енерговитрат вирішуються, як показує практика, при комплексному застосуванні цих та інших засобів, в основі використання яких лежать біонічні принципи організації, формоутворення і конструювання архітектурно-містобудівних об'єктів, що розкривають еволюційно-вироблені механізми адаптації до умов зовнішнього середовища життя різних живих організмів.

Одним з найбільш важливих факторів сучасного архітектурного проектування стає підвищення ефективності використання природного світла. Відкриття біологічних властивостей сонячної радіації, усвідомлення першорядної ролі світла у створенні середовища викликали справжній переворот в архітектурі 20-го століття, докорінно змінивши традиційні принципи організації просторів усіх рівнів. Однак розвиток

кліматологічної техніки, з одного боку, а також жорсткість економічних вимог у будівництві, з іншого, призвели до необхідності нового переосмислення принципів організації природного освітлення просторів (а отже, і норм містобудівного та об'ємного проектування).

3.2 Тепловий режим будівлі

Потрібний тепловий режим будинку визначається необхідністю забезпечення теплового комфорту та раціонального виробничого процесу.

Тепловий комфорт залежить, з одного боку, від фізичних умов навколишнього середовища, з іншого – від фізіологічних, психологічних та інших факторів, що впливають на організм людини.

Теплотехнічні властивості будівельних конструкцій і будівлі загалом впливають на обмін теплотою між тілом людини і навколишнім середовищем. Людині для виконання життєвих процесів потрібна енергія, яку вона отримує за рахунок їжі. Велика частина цієї енергії перетворюється на теплоту, яка виникає в тілі людини і залежить від її маси і роду діяльності. Оскільки маса людей різна, для теплотехнічних розрахунків береться звичайна людина, зріст якої 175 см, поверхня тіла 1,8 м². Якщо людина перебуває в абсолютному спокої (глибокий сон), в її тілі виробляється теплота, яка дорівнює 80 Вт. При підвищенні активності людини кількість теплової енергії зростає.

Відомо, що здорова людина має постійну температуру тіла. Теплота, що виробляється її тілом, відводиться в навколишній простір. Стан, при якому в навколишній простір відводиться стільки теплоти, скільки її виробляється в тілі людини, називається станом теплової рівноваги тіла людини. Таким чином, постійна температура тіла людини і тепла рівновага є основним критерієм її теплового комфорту. [8]

З розглянутого видно, що теплову рівновагу людини в приміщенні (будинку) можна забезпечити підбором відповідних параметрів: температури повітря; температури поверхонь будівельних конструкцій; відносної вологості повітря; швидкості циркуляції внутрішнього повітря.

Під сумарною температурою приміщення t_M (таблиця 3.1.) розуміють суму температури повітря t_i і середньої температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщення t_p :

$$t_M = t_i + t_p, \quad (3.1)$$

$$t_p = \frac{t_{p_1}S_1 + t_{p_2}S_2 + \dots + t_{p_n}S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (3.2)$$

де $t_{p_1}, t_{p_2}, \dots, t_{p_n}$ – температура внутрішньої поверхні окремих будівельних конструкцій з площею відповідно S_1, S_2, \dots, S_n ; n – кількість окремих типів будівельних конструкцій.

Таблиця 3.1 – Параметри навколишнього середовища, що забезпечують теплову рівновагу людини в холодний період року

Тип будівлі		Температура повітря t_i , °C	Сумарна температура t_M , °C	Відносна вологість ϕ , %	Швидкість повітря, м/с
Житлові та громадські		20	38	40–60	<0,1
Виробничі з видом роботи	Дуже легка	18–20	36	50–60	
	Легка	16–18	32–36	50–60	<0,15
	Середня	14–16	26–32	50	(<0,2)
	Важка	12–14	20–26	45	

Параметри в таблиці 3.1 характеризують загальний температурний режим внутрішнього середовища приміщення і є необхідними, проте недостатніми умовами теплового комфорту. Для забезпечення теплового комфорту людини її тіло не має бути охолоджене або перегріте: людина не має покриватися під час роботи потом; тепловтрати тіла не мають знижуватися за рахунок обмеження циркуляції крові між внутрішніми й зовнішніми органами; має бути забезпечено сприятливе співвідношення теплових втрат тіла за рахунок прямого відведення і випромінювання теплоти. Для людини певної маси і встановленого роду діяльності середня температура шкіри й кількість поту, що виділяється, не має дуже змінюватися.

Таким чином, теплотехнічні властивості будівельних конструкцій у холодний період року залежать:

- 1) від теплових втрат за рахунок процесу теплопередачі та випромінювання;
- 2) від теплових втрат через зовнішні органи людини.

У першому випадку важливо встановити найбільш допустиму різницю температури Δt внутрішнього повітря t_i і внутрішньої поверхні відповідних конструкцій t_{ip} :

$$\Delta t = t_i - t_{ip}, \quad (3.3)$$

Вимоги та критерії для оцінювання теплового комфорту людини в теплий період виходять з інших умов.

Для житлових і громадських будівель у теплий період беруть сумарну температуру приміщення:

$$t_M = t_i + t_p \leq 51 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.4)$$

У виробничих будівлях промислових підприємств у робочій зоні в теплий період має бути температура повітря не більше, ніж на 3 °C вища за температуру зовнішнього повітря, якщо внутрішні теплонаходження в

будівлі менші 25 Вт/м^3 ; і не більше ніж на $5 \text{ }^\circ\text{C}$ вища, якщо теплонаходження більші 25 Вт/м^3 .

Для житлових і громадських будівель умова (3.3) доповнюється вимогою, що забезпечує стан, при якому людина під час роботи не покривається потом. Випаровування поту з поверхні тіла відбувається при будь-якій температурі навколишнього повітря: до температури $26\text{--}27 \text{ }^\circ\text{C}$ відбувається сухе потіння; при температурі, вищій за зазначену, починається мокре потіння, яке посилюється з підвищенням температури. Тому під час проектування будівельних конструкцій додатковою умовою є: $t_i \leq 27 \text{ }^\circ\text{C}$ або $t_p \leq 27 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таким чином, необхідний тепловий режим забезпечується значеннями чотирьох параметрів внутрішнього мікроклімату і декількома додатковими умовами.

Помітний вплив на самопочуття людини надає і підвищена понад допустиме значення швидкість циркуляції повітря в приміщенні. Якщо циркуляція повітря в житлових і громадських будівлях відбувається зі швидкістю $0,25 \text{ м/с}$, то для збереження сприятливого теплового режиму температура повітря має бути підвищена до $22 \text{ }^\circ\text{C}$, а при швидкості циркуляції $0,4 \text{ м/с}$ температура внутрішнього повітря має бути підвищена до $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

Є дані про те, що зміна відносної вологості внутрішнього повітря в інтервалі від 30 до 70% ніяк не погіршує чутливості людини до температури (природно, що при цьому забезпечуються необхідні значення усіх інших параметрів).

Водночас, при розглянутій корекції значень окремих параметрів, що характеризують загальний тепловий режим приміщення, не можна порушувати додаткові умови.

Наприклад, при різниці температури повітря і внутрішньої поверхні конструкції, вищій за необхідну, відбувається інтенсивне теплове випромінювання між тілом людини й поверхнею конструкції. Його називають "холодним випромінюванням" або "негативною радіацією". Якщо зазначена різниця температури дорівнює $6 \text{ }^\circ\text{C}$, людина втрачає відчуття холоду тільки на відстані $0,75 \text{ м}$ від будівельної конструкції.

У деяких будівлях виробничий процес відбувається при високій температурі внутрішнього повітря. У цих випадках можна скорегувати температурний режим внутрішнього середовища за рахунок підвищення швидкості циркуляції повітря.

Однак тепловий режим будівель визначається не лише необхідністю підтримки теплового комфорту. Якщо значення параметрів, що характеризують тепловий режим внутрішнього середовища, відхиляються від необхідних, то це може призвести до погіршення здоров'я людей, оскільки для здоров'я небезпечно як надмірне охолодження, так і надмірний перегрів.

Під *ефективною температурою* розуміють температуру повітря в спокійному стані, повністю насиченого водяними парами ($\varphi = 100\%$), яка викликає у людини ті ж теплові впливи, що і середовище з фактичним тепловим режимом, тобто з температурою повітря t_i , відносною вологістю φ і певною швидкістю циркуляції повітря.

Якщо потрібний тепловий режим приміщення за технологічними вимогами знаходиться в протиріччі з тепловим комфортом, то необхідно компенсувати негативний вплив відхилених параметрів за рахунок корегування значень інших параметрів.

Конденсація водяної пари.

За певних умов водяні пари можуть конденсуватися на внутрішній поверхні й усередині конструкцій. Збільшення вмісту вологи в будівельних конструкціях з багатьох причин є несприятливим фактором. Насамперед, погіршуються теплотехнічні властивості будівельних конструкцій. Вологі конструкції є сприятливим середовищем для появи й зростання цвілі, грибка та різних мікроорганізмів, у результаті конструкції можуть бути забраковані з гігієнічних міркувань. Не виключено, що підвищення вологості може погіршити умови для зберігання предметів і виробів, які знаходяться в приміщенні, знизити їхні властивості тощо. Вологість впливає також на термін служби будівельних конструкцій.

Повітропроникність.

Через будівельні конструкції, шви і стики повітря проникає в тому випадку, коли вони повітропроникні, та за умови, що існує різниця між внутрішнім і зовнішнім тиском.

Різниця між внутрішнім і зовнішнім тиском повітря може бути викликана дією гравітаційних сил або зміною кінетичної енергії вітру. Явище, при якому повітря проникає в будівлю, називається *інфільтрацією* повітря; у випадках, коли повітря проникає з будівлі у зовнішнє середовище, говорять про *ексфільтрацію*.

Інфільтрація повітря в холодний період року через зовнішні огорожувальні конструкції знижує температуру на внутрішній поверхні конструкції.

Зниження температури на внутрішній поверхні огороження від значення t_{ip} (за відсутності інфільтрації) до t_{ipG} (за наявності інфільтрації) можна компенсувати або за рахунок збільшення товщини конструкції (збільшення опору її повітропроникності) або шляхом підвищення температури повітря. Такі заходи необхідні, щоб уникнути погіршення теплового режиму приміщення. У першому випадку збільшуються капітальні витрати на конструкції, а в другому – теплові втрати і поповнення енергії на опалення.

Кількість повітря, що проникає в будинок, тим більша, чим гірша герметичність стулук і більша швидкість вітру. Так, при швидкості вітру 8 м/с кількість інфільтруючого повітря дорівнює 8 м³/год через 1 м стулук вікна. Така кількість повітря викличе втрату теплової енергії в кількості 100 Вт.

Ексфільтрація повітря через конструкцію може бути причиною підвищеної конденсації водяної пари в її товщі. При ексфільтрації кількість водяної пари, що проникає в конструкцію, буде більшою, ніж при звичайній дифузії пари.

Інфільтрація і ексфільтрація повітря через будівельні конструкції, шви і стики небажані з теплотехнічної точки зору. Однак з гігієнічної точки зору певний обмін повітря в будівлях необхідний. Якщо він не забезпечується іншим способом, ніж інфільтрація, то обмін повітря в будівлях через стулки вікон і дверей допускається, але він не має перевищувати нормовані значення.

Забезпечення теплового комфорту людей, оптимальних умов виробничого процесу, гігієнічних та інших вимог пов'язано з необхідністю підведення в будівлю теплової енергії для покриття теплових втрат.

Основною вимогою раціонального споживання палива й енергії є максимально можливе зменшення теплових втрат у всіх галузях господарської діяльності і, відповідно, тепловтрат будівель. Ця економія не має погіршувати жодну з розглянутих вимог. Тому про раціональне споживанні палива та енергії для опалення можна говорити тільки при виконанні всіх вимог, що висуваються до будівельних конструкцій і будівель.

3.3 Фактори, що впливають на теплові втрати і витрати енергії на опалення будівлі

Для забезпечення необхідного теплового режиму в холодний період року в будівлю необхідно підводити теплову енергію. У результаті різного теплового стану внутрішнього й зовнішнього середовища відбувається передача теплоти з будівлі в зовнішній простір. Передача теплоти здійснюється, з одного боку, за рахунок теплопередачі будівельних конструкцій, з іншого боку – за рахунок проникнення повітря через шви, стики й нещільності вікон, дверей і будівельних конструкцій.

Тепловтрати будівлі Q , Вт, можна визначити за формулою:

$$Q = qV(t_i - t_e), \quad (3.5)$$

де q – теплова характеристика будівлі, Вт/(м³ · К); V – об'єм будівлі, м³

$$V = Sh, \quad (3.6)$$

S – площа забудови будівлі, м²; h – висота будівлі, м; t_i та t_e – температура відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря, °С.

Теплова характеристика будівлі визначається за формулою:

$$Q = \left[\frac{2(1+p)}{\sqrt{pS}} + \frac{a(k_0-k) + b((k_d-k))}{h} + \frac{c_k(k_s+k_p)m}{h} \right] n + \frac{cl' \sum i S_0 B M}{v}, \quad (3.7)$$

де $p = \delta/d!$; δ – ширина будівлі, м; d – довжина будівлі, м; $a = S_0 / S$; $b = S_d / S$; S_0 – площа вікон в зовнішньому огороженні, м²; S_d – площа дверей у зовнішньому огороженні, м²; k , k_0 , k_d , k_s , k_p – коефіцієнти теплопередачі, відповідно, зовнішніх стін, вікон, дверей, горищного перекриття й перекриття над неопалюваним підвалом, Вт/(м²·К); m – коефіцієнт, що враховує різницю температури зовнішнього повітря і неопалюваного підвалу; s_k – коефіцієнт, що враховує частку внутрішніх конструкцій в площі забудови будинку, n – коефіцієнт, що враховує тепловтрати через внутрішні конструкції; l – довжина швів, що припадають на 1 м² площі вікна, м/м²; B – характеристичне число будівлі, Па^{0,67}; M – характеристичне число приміщень.

З формул (3.5) і (3.7) видно, що тепловтрати будівель залежать від їхніх геометричних розмірів, теплотехнічних властивостей будівельних конструкцій, температури внутрішнього та зовнішнього повітря, повітропроникності швів, довжини частин вікон, що відкриваються, і зовнішніх дверей. Характеристичне число B залежить від швидкості вітру й береться залежно від місця розташування будівлі в районі забудови і від її типу. Характеристичне число M визначається залежно від співвідношення повітропроникності вікон і внутрішніх дверей.

З формули (3.7) можна було б зробити висновок, що тепловтрати залежать тільки від температури внутрішнього повітря і не залежать від інших величин, що характеризують тепловий режим будівлі. Однак це не відповідає дійсності. Коефіцієнт теплопередачі будівельних конструкцій залежить від коефіцієнта теплообміну поверхні огороження, який є функцією різниці температури повітря і внутрішньої поверхні будівельних конструкцій або швидкості руху внутрішнього повітря. Аналіз показує, що на тепловтрати впливають всі величини, які характеризують тепловий режим будівлі. Подібним чином можна встановити, що, крім температури зовнішнього повітря, чинником, що сприяє тепловтратам, є також швидкість вітру і вологість зовнішнього і внутрішнього повітря. Крім того, на тепловтрати впливає сонячне випромінювання та інші метеорологічні фактори.

Температура на внутрішній поверхні конструкції залежить не тільки від коефіцієнта теплопередачі, а й від інших теплотехнічних характеристик: від загасання амплітуди коливання температури, від теплової активності підлоги, від теплової стійкості приміщень, від повітропроникності і від того, чи конденсується водяна пара в конструкції, чи ні. Усі ці теплотехнічні характеристики необхідно аналізувати під час проектування будівельних конструкцій і будівель. На витрати енергії для опалення впливає також інтенсивність роботи теплових джерел, тепловтрати розведень та ефективність регулювання енергії, підведеної до будівлі та приміщень.

На сьогодні проводяться інтенсивні роботи з вирішення проблем, пов'язаних з використанням нетрадиційних джерел енергії. Метою їх є зменшення споживання традиційних (таких, що не відновлюються) видів палива: вугілля, газу, нафти. Як нетрадиційні джерела енергії для опалення будівель використовують сонячну енергію й вторинну теплоту (теплоту, що утворюється від використання теплої побутової води і від вентиляційного обладнання будівель). Значною мірою тепловтрати і тепло на опалення залежать від людей, що користуються житловими та іншими будівлями. Їхнє ставлення до цієї проблеми може зробити зовсім марними зусилля з економії енергії або, навпаки, значно сприятиме раціональному використанню палива та енергії для опалення будівель.

Таким чином, тепловий режим і теплонеобхідність на опалення будівель залежать від таких факторів: теплового режиму будівлі; теплового стану, зовнішнього клімату; геометричного і диспозиційного рішення будівлі; теплотехнічних властивостей будівельних конструкцій; експлуатації системи опалення; ефективності роботи теплотехнічного обладнання; використання нетрадиційних джерел енергії; відношення користувачів будинків.

3.4 Тепловий режим приміщень

Підтримання теплового режиму приміщень належить до основних вимог, що висуваються до будівель. Тому вирішення проблем зменшення тепловтрат і витрати енергії на опалення має супроводжуватися контролем параметрів, які характеризують необхідний тепловий режим, а саме: температура повітря, середня температура внутрішніх поверхонь огорожень, швидкість і відносна вологість повітря.

Температура внутрішнього повітря. При оцінюванні теплового комфорту температура внутрішнього повітря безпосередньо залежить від температури внутрішньої поверхні конструкцій. Температура поверхонь виражається середньою температурою внутрішніх поверхонь в приміщенні. Спільно з температурою внутрішнього повітря вона визначає сумарну температуру приміщення.

Для житлових і громадських будівель сумарна температура приміщення має становити 38 °С (температура повітря 20 °С і середня температура внутрішніх поверхонь 18 °С). З формули (3.7) видно, що тепловтрати збільшуються, якщо збільшується температура внутрішнього повітря. Отже, найбільш вигідним є таке поєднання, при якому температура внутрішнього повітря буде найменшою. Зміна температури внутрішнього повітря і його вплив на тепловтрати можна орієнтовно оцінити за формулою

$$z = \frac{t_{i2} - t_{i2}}{t_{i1} - t_{e,pr}} \cdot 100, \quad (3.8)$$

де z – зміна тепловтрат, %; t_{i1} – необхідна температура внутрішнього повітря, °C; t_{i2} – дійсна температура внутрішнього повітря, °C; $t_{e,pr}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон, °C.

У цьому випадку можна зробити висновок: підвищення температури повітря на 1 °C відносно необхідного рівня збільшує тепловтрати на 6% і, навпаки, зниження температури повітря на 1 °C дозволяє зменшити тепловтрати на 6%.

Іноді в будівлях виникають надлишкові тепловтрати за рахунок надлишкового опалення, під яким мають на увазі подання більшої кількості теплоти в будівлю (приміщення), ніж необхідно для забезпечення теплового режиму.

Раніше не досліджувалась проблема раціонального використання палива та енергії для опалення будівель. У деяких випадках, особливо в панельних будинках, опалюваних від центральних джерел енергії (наприклад, котельні), температура внутрішнього повітря досягала 24–26 °C. Якщо надмірний 1 °C викликає підвищення тепловтрат на 6%, то очевидно, яку кількість палива втратило народне господарство. Одним з перших раціональних заходів, пов'язаних з проблемою скорочення споживання палива та енергії на опалення, під час виникнення енергетичної кризи була боротьба проти надмірного опалення.

Зниження температури внутрішнього повітря без порушення теплового комфорту можливо тільки тоді, коли є можливість підвищити середню температуру внутрішніх поверхонь приміщення.

Якщо, наприклад, середня температура внутрішніх поверхонь приміщення підвищиться до 19 °C, то температуру внутрішнього повітря можна понизити теж до 19 °C. Підвищення температури на внутрішніх поверхнях будівельних конструкцій є бажаним, з точки зору, зменшення тепловтрат, а також теплового комфорту.

Між повітрям і поверхнями окремих будівельних конструкцій в приміщенні відбувається теплообмін випромінюванням і конвекцією. При природному русі повітря в приміщенні найважливішою величиною, що визначає процес теплообміну, є різниця температури внутрішнього повітря і внутрішньої поверхні конструкцій. Чим вища ця різниця, тим більший коефіцієнт конвективного теплообміну a_k , Вт/(м²·К). Зменшення цієї різниці призводить до зменшення коефіцієнта теплообміну. Наприклад, зменшення $\Delta t = 81$ К до $\Delta t = 4$ К, призводить до зменшення коефіцієнта теплообміну з 3,7 до 2,7 Вт/(м²·К). Зменшення коефіцієнта теплообміну, а значить і різниці температури повітря та внутрішньої поверхні, призводить до зменшення коефіцієнта теплопередачі, що, насамперед, сприяє підвищенню температури на внутрішній поверхні огороження.

Теплообмін випромінюванням характеризується коефіцієнтом променистого теплообміну a_s , Вт/(м²·К). Він орієнтовно обчислюється за формулою:

$$a_s = C_4 A^2 \xi, \quad (3.9)$$

де $C_q = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; A – коефіцієнт поглинання випромінювання; ξ – температурний коефіцієнт, К^3 ; якщо різниця температури $t_1 - t_2$ взаємно нагрівальних випромінювань тіл не дуже велика, то ξ можна брати залежно від середньоарифметичного значення температури $t = (t_1 + t_2)/2$.

Швидкість повітря. За нормальних умов швидкість повітря в приміщенні має бути менше $0,1 \text{ м/с}$. Ця швидкість не погіршує теплового комфорту. При зростанні швидкості виникає відчуття дискомфорту. Для збереження теплового комфорту необхідно компенсувати підвищену швидкість повітря за рахунок підвищення його температури. Однак підвищення температури повітря з енергетичної точки зору не вигідне, про що вже говорилося. Збільшення швидкості повітря викликає, крім того, збільшення коефіцієнта конвективного теплообміну a_k , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, відповідно до формули:

$$a_k = 4,36 + 3,55v. \quad (3.10)$$

Примітка. Формула застосовується при швидкості повітря до 5 м/с . Наприклад, при швидкості повітря $0,4 \text{ м/с}$ коефіцієнт теплообміну дорівнює $5,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Якщо порівняти це значення зі значеннями на рисунку 3.1, то можна побачити, що воно перевищує і значення, які відповідають найбільш допустимій різниці температури повітря і поверхні будівельних конструкцій. Збільшення коефіцієнта теплообміну призводить до збільшення тепловтрат, тому доцільно обмежити швидкість повітря в приміщенні.

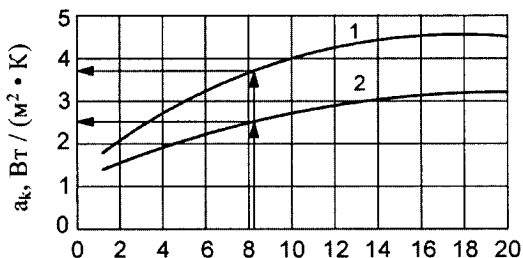


Рисунок 3.1 – Коефіцієнт конвективного теплообміну a_k при природній конвекції: 1 – вертикальні й горизонтальні конструкції при теплому потоці знизу вгору; 2 – горизонтальні конструкції при теплому потоці зверху вниз

Відносна вологість внутрішнього повітря впливає на тепловтрати будівель, тобто на величину питомої теплоємності повітря, яка тим більша, чим вище його вологість. При високій відносній вологості тепловтрати можуть збільшуватися до 1%. Однак у житлових і громадських будівлях відносна вологість не має становити більше 60%, у цьому випадку збільшення тепловтрат незначне.

Висока відносна вологість внутрішнього повітря несприятлива з точки зору конденсації водяної пари на внутрішній поверхні і всередині конструкції, оскільки сприяє збільшенню вологості матеріалу конструкції. При підвищенні вологості конструкції збільшується її теплопровідність і відповідно тепловтрати приміщення.

Якщо в приміщенні є джерело підвищення вологості повітря, то необхідно інтенсивно вентилювати це приміщення, що сприяє також значним тепловтратам.

3.5 Геометричні і композиційні рішення будівлі

Геометричне й композиційне рішення може знизити тепловтрати будівель і тим самим зменшити потребу в паливі та енергії на опалення. Одним з найважливіших факторів, що впливають на тепловтрати, є площі зовнішніх і внутрішніх будівельних конструкцій, через які відбуваються втрати тепла. Чим більша площа цих конструкцій, тим більші і тепловтрати. У будь-якому разі їхнє значення залежить від геометричного і композиційного рішення будівлі.

Однак при будівництві будівель зменшення площі будівельних конструкцій не може бути самоціллю і має співвідноситись з певною одиницею виміру. Такою одиницею може бути, наприклад, 1 м^3 об'єму будинку. Завдання в тому, щоб вибрати такі розміри будівель, які дають найменшу площу будівельних конструкцій, що припадає на 1 м^3 його об'єму. З геометрії відомі співвідношення об'єму і поверхні різних тіл. Для однакового об'єму найменшу поверхню має куля, потім куб і прямокутний паралелепіпед. [8]

Іншою одиницею для порівняння значень площ зовнішніх конструкцій для різних будівель може бути 1 м забудованої площі. Наприклад, при порівнянні будівель з площею у вигляді прямокутника і з площею у формі букви L (рисунок 3.2) отримуємо такі дані: при забудові 180 м^2 площа зовнішніх конструкцій становитиме в першому випадку 342 м^2 , у другому – 396 м^2 , тобто приблизно на 16% більше.

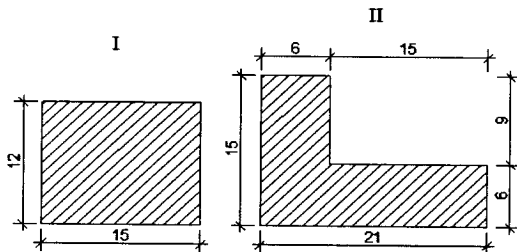


Рисунок 3.2 – Плани будівлі:
I – прямокутний; II – L-подібний

Тепловтрати будівель залежать також від площі внутрішніх огорожень, які відокремлюють опалювані приміщення від неопалюваних або мають більш низьку температуру повітря, ніж температура в розглянутому приміщенні. З цього випливає, що можна отримати менші тепловтрати при правильному композиційному рішенні будівлі, особливо при комбінуванні опалюваних і неопалюваних об'ємів. У цьому випадку діє правило: опалювані об'єми мають межувати один з одним, тобто рішення вважається невигідним, якщо чергуються опалювані та неопалювані об'єми.

Площу зовнішніх будівельних конструкцій можна зменшити також за рахунок відмови від будівництва окремих об'єктів, удаючись до їхнього блокування в одну будівлю (рисунок 3.3).

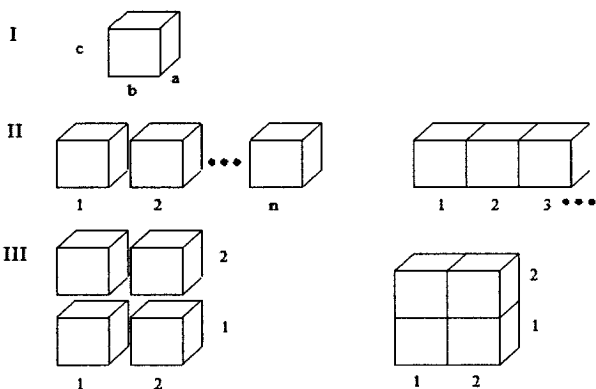


Рисунок 3.3 – Варіанти блокування будівель

I – окремі об'єкти; II – об'єкти, зблоковані по горизонталі;
III – об'єкти зблоковані по вертикалі й горизонталі

Найбільше зменшення площі зовнішнього огороження може досягти 33%.

Зміна площі зовнішнього огороження для зблокованих об'єктів, порівняно з площею огорожень окремих об'єктів, показано на рисунку 3.4 (крива 1).

Видно, що найбільший ефект досягається при блокуванні двох об'єктів (17%). Ефект поступово зменшується: при приєднанні третього об'єкта – це вже 5% (усього 22%), четвертого – 3% (усього 25%) і т. д. Оскільки найбільший ефект може бути 33%, то впливає, що блокування об'єктів в кількості більше 5–6 не призводить до значного зменшення площі зовнішнього огороження.

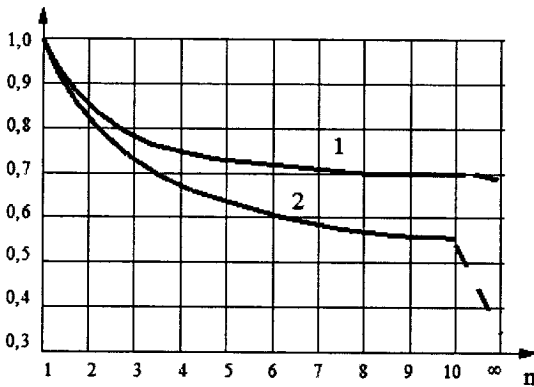


Рисунок 3.4 – Зменшення площі зовнішнього огородження зблокованих об'єктів: 1 – об'єкти зблоковані по горизонталі; 2 – об'єкти зблоковані по горизонталі і по вертикалі

Зміна площі зовнішнього огородження у зблокованих таким чином об'єктах відносно площі окремих об'єктів показано на рисунку 3.4, крива 2. У цьому випадку досягається ще більш значний ефект, ніж при блокуванні об'єктів по горизонталі. З порівняння кривих 1 і 2 на рисунку 3.4 видно, що найвигіднішим рішенням є блокування чотирьох об'єктів один за одним (по горизонталі) і один над одним (по вертикалі), порівняно з блокуванням об'єктів по горизонталі. У першому випадку зменшення площі відносно площі окремих об'єктів 0,667 (тобто близько 33%), у другому випадку – 0,75 (тобто 25%).

Теплові втрати також залежать від висоти будівлі (кількості поверхів). Коли йдеться про площу зовнішнього огородження, то в такому разі дійсною є залежність, показана на рисунку 3.4 (крива 1), тобто площа зовнішнього огородження зменшується зі збільшенням кількості об'ємів, розташованих один над одним. Однак при збільшенні висоти будівлі зростають тепловтрати на нагрівання інфільтруючого повітря. Сумарні тепловтрати мають різні тенденції зміни залежно від висоти будівлі. Наприклад, для звичайних панельних будинків тепловтрати від 4-го до 8-го надземних поверхів знижуються на 3–4%, порівняно з 1–3 поверхами; збільшення кількості поверхів від 8-го до 16-го призводить до збільшення теплових втрат на 10%, порівняно з 1–3 поверхами.

3.6 Теплі стіни

Протягом останніх років при будівництві житлових багатоквартирних будівель усе ширше впроваджується монокаркасна конструктивна система будівлі, при якій зовнішні стіни виконуються з традиційного матеріалу – цегли. Конструктивне навантаження сприймає цегляна стіна $\delta = 250, 375$ мм, а як утеплювач для досягнення необхідного значення опору теплопередачі стін застосовуються різні сучасні високоефективні теплоізоляційні матеріали. Утеплювальний шар може знаходитись:

- із внутрішньої сторони огорожувальної конструкції;
- усередині стіни (колодязна кладка);
- із зовнішньої сторони огорожувальної конструкції – навісні вентилявані системи та штукатурні системи утеплення "мокрого типу".

З точки зору теплотехніки всі ці рішення є рівноправними. Основною вимогою до них є сумарний опір теплопередачі всіх шарів (незалежно від місця їхнього розташування), який має відповідати нормативним вимогам. Але це не єдина умова. Зовнішні стіни мають "дихати", мати гарну повітро- та паропроникність.

З точки зору паропроникності, різниця в послідовності розміщення шарів в огорожувальній конструкції досить суттєва. Для того, щоб побутова волога безперешкодно видалялась з приміщення через стіни, опір паропроникності шарів має зменшуватись у напрямку до атмосфери. Якщо ж шар, який розміщений за утеплювачем, має меншу паропроникність, ніж утеплювач, то в ньому буде відбуватися накопичення вологи.

Витрати природного газу на 1 м^2 зовнішньої стіни за увесь опалювальний період показано на рисунку 3.5.

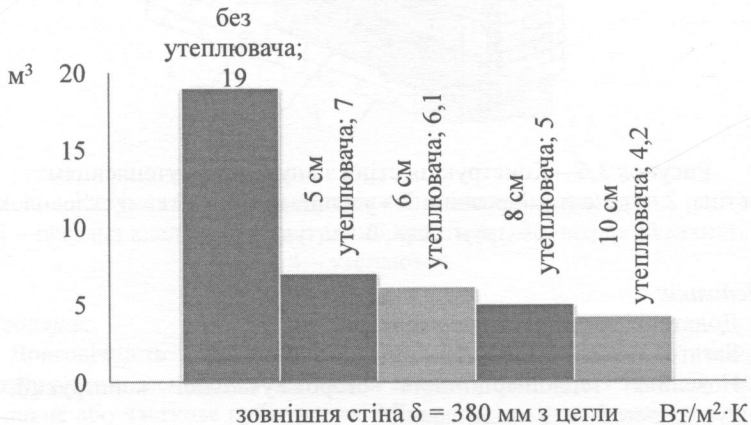


Рисунок 3.5 – Витрати природного газу на 1 м^2 зовнішньої стіни за увесь опалювальний період

Утеплення з внутрішньої сторони огорожувальної конструкції (рисунок 3.6).

Зовнішні стіни, утеплені з внутрішньої сторони, зазвичай, виконуються з цегли, керамзитобетону, а як утеплювач використовуються легкі бетони: ніздрюватий бетон, перлітобетон, пінобетон; мінеральна або скловолокниста вата.

В останніх випадках шари утеплювача закривали панелями або плитами з гіпсокартону – сухої штукатурки. В останні роки це рішення дещо модифікували, оскільки з'явилися більш сучасні й ефективні матеріали. Для утеплення використовується базальтова вата, паронепроникна плівка, а весь цей «пиріг» закривають гіпсокартоном.

Переваги:

1. Можливість утеплення окремих приміщень.
2. Можливість утеплення будівель, що є пам'ятками архітектури.
3. Можливість виконання робіт у будь-яку пору року.

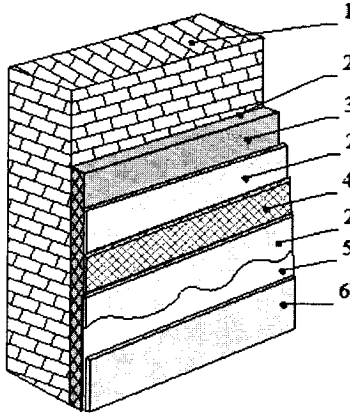


Рисунок 3.6 – Конструкція стіни з внутрішнім утепленням:
1 – стіна; 2 – цементний розчин; 3 – утеплювач; 4 – сітка зі скловолокна;
5 – ґрунтовка; 6 – штукатурка

Недоліки:

1. Додаткові витрати на пароізоляцію.
2. Багаточисельність містків холоду.
3. Невелика теплоінерційність огорожувальної конструкції, що погіршує мікроклімат в приміщенні.
4. Приміщення потребує додаткової вентиляції, унаслідок чого виникають втрати тепла, заощадженого за рахунок утеплювача.

Колодязна кладка (рисунок 3.7).

Конструктивне рішення, при якому утеплювач розміщувався всередині стіни, використовувалося ще з середини XIX століття. На сьогодні "сандвіч" виглядає так:

- внутрішній шар, що визначає міцність стіни, виконується з цегли або керамзитобетонних, шлакобетонних, гіпсобетонних, газосилікатних, керамічних блоків;
- середній шар – теплоізоляційний (використовують мінеральну або скловолокнисту вату, пінополістирол або керамзитовий гравій);
- зовнішній шар виготовляють з керамічної чи силікатної цегли, блоків з ніздрюватого бетону з обов'язковим оздобленням штукатуркою.

Переваги:

1. Високий опір конструкцій до дії вогню.
2. Огороджувальні конструкції стіни мають відносно невеликі вагу й товщину.
3. Утеплення належить до розряду відносно недорогого.
4. Прийнятно для фасаду "під цеглу".

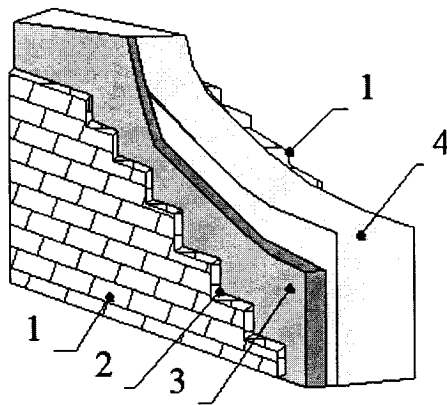


Рисунок 3.7 – Конструкція стіни колодязної кладки:

- 1 – цегляна кладка; 2 – повітряний прошарок; 3 – вітровий захист;
4 – утеплювач

Недоліки:

1. Довговічність теплоізоляційного матеріалу (зокрема пінополістиролу) значно менша від зовнішніх шарів. Років через 10 відбувається його повне або часткове руйнування. Мінеральна або скловолокниста вата за цей період ущільнюється й осідає, у результаті чого теплоізоляційні властивості стіни знижуються в 1,5–2 рази.

2. Низька контролепридатність і ремонтпридатність (діагностувати й виправити помилку, яку допущено під час монтажу або під час проектування, досить складно);

3. Точка роси знаходиться на утеплювачі, тому в ньому накопичується волога, яка знижує теплоізоляційні якості утеплювача (необхідним є влаштування повітряного прошарку для осушення утеплювача). Утеплювальними матеріалами з низьким коефіцієнтом водопоглинання є екструзійний пінополістирол і пробкова плита, однак вони дорогі.

4. Додаткові містки холоду (у місцях перев'язування кладки).

5. Використання зв'язків для закріплення утеплювача, які кородують.

Штукатурні системи утеплення.

Штукатурні системи утеплення «мокрого типу» виникли в другій половині минулого століття (рисунок 3.8). Складаються з таких шарів:

- теплоізоляційний – плити з теплоізоляційного матеріалу з низьким коефіцієнтом теплопровідності. Як правило, використовують мінераловатні, скловолокнисті чи пінополістирольні;

- клейовий – зі спеціальної мінеральної суміші;

- захисно-декоративний – ґрунтовка і декоративна штукатурка або облицювання матеріалами (наприклад, плиткою).

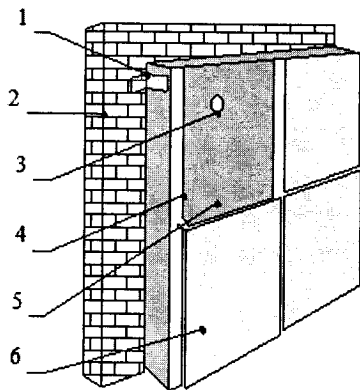


Рисунок 3.8 – Конструкція стіни із зовнішнім утепленням:

1 – кронштейн; 2 – несуча стіна; 3 – дюбель фасадний; 4 – напряміні;

5 – утеплювач; 6 – захисно-декоративний шар

Розрізняють два варіанти систем кріплення утеплювального матеріалу на стіні, а саме:

- системи скріпленої теплоізоляції, у яких здійснено жорстке закріплення зі стіною, ще названі системами з невеликою товщиною захисно-оздоблювального шару (системи легкого типу);

- системи з рухливими (маятниковими) сталевими елементами кріплення теплоізоляції (системи важкого типу, оскільки товщина

штукатурного шару в них становить 20–30 мм. Особливість системи з рухливим кріпленням утеплювача полягає в роздільній роботі стіни й утеплювального шару, що дозволяє компенсувати дію сил, які виникають при зміні температурно-вологісного режиму в захисно-декоративному шарі.

Переваги:

1. Розрізнена робота при зміні температурно-вологісного режиму.
2. Менш жорсткі вимоги до поверхні, можуть використовуватися на відносно слабких поверхнях.
3. Менші вимоги до щільності утеплювача.
4. Монтаж утеплювача можна виконувати при мінусових температурах, оскільки він кріпиться механічним способом.

Недоліки:

1. Відсутність штукатурних станцій.
2. Необхідність у робітниках-верхолазах високої кваліфікації.

Системи легкого типу.

Легкі системи утеплення є багатошаровою конструкцією, що складається з таких шарів:

- шар полімерного клею;
- утеплювач – базальтоволокнисті, скловолокнисті матеріали й плити з пінополістиролу, що кріпляться до зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції дюбелями;
- полімерний цементний розчин, армований склосіткою, що слугує для зміцнення системи й захисту від атмосферних опадів;
- захисно-декоративний шар.

Залежно від використовуваних утеплювачів системи мокрого типу можна розділити на три види:

- з мінеральних теплоізоляційних матеріалів;
- з пінополістирольних плит;
- з пінополістирольних плит з поясами з мінеральних плит.

Система, у якій використовуються мінеральні теплоізоляційні матеріали, найбільш практична. Система утеплення з використанням пінополістирольного утеплювача призначена для будівель і споруд до 3-х поверхів. Системи з пінополістирольних плит з поясами з мінеральних плит призначені для будівель до 9 поверхів або вище за умов наявності спеціальної техніки пожежогасіння й виконання таких вимог:

- у будівлях і спорудах до 3-х поверхів з покрівлею, виконаною із горючих матеріалів, необхідно передбачити обрамлення стін поясами з шару негорючого утеплювача з шириною, не меншою за його товщину;
- у будівлях і спорудах до 5 поверхів включно необхідно виконувати обрамлення віконних прорізів поясами з негорючого волокнистого утеплювача на рівні третього поверху будівлі чи третини висоти споруди;
- у будівлях висотою до 10 поверхів включно необхідно виконати обрамлення віконних прорізів поясами з негорючого волокнистого

утеплювача і, крім того, розділити поясами негорючого утеплювача фасади по горизонталі через кожні 3 поверхи;

- для будівель шкіл, дитячих дошкільних закладів, медичних закладів варто виконувати пояси з негорючих матеріалів утеплювачів нижньої частини будівлі до відмітки 2 м від нульової відмітки.

Зовнішні системи утеплення вважаються найбільш ефективними, оскільки в них відсутні містки холоду.

Переваги систем:

- несуча стіна не піддається змінному замерзанню й відтаванню, а також дії атмосферних впливів;

- відсутність необхідності створення паробар'єра всередині приміщення;

- при такому розміщенні утеплювача точка роси зсувається в теплоізоляційний шар, у результаті чого унеможливується поява вологи на внутрішній частині стіни;

- зростання теплоакумуляційної властивості масивної частини стіни;

- не зменшує площу приміщень;

- забезпечує можливість утеплення будівель без створення дискомфортних умов для мешканців;

- покращення звукоізоляції.

Недоліки:

- підвищується водопоглинання утеплювачем;

- під дією динамічного навантаження порушується щільність, що призводить до утворення тріщин;

- штукатурний шар руйнується в холодні періоди року;

- необхідність виконання робіт у теплий період року, при температурі 5–30 °С;

- при виробництві "легкої" системи необхідно проводити підготовчі роботи поверхні основи.

3.7 Вентильовані фасади

Навісні вентильовані – одна з найбільш сучасних і популярних технологій зовнішнього облицювання фасадів. Існують різного виду та складності конструкції, що кріпляться на зовнішню стіну і на які монтуються елементи облицювання (плити з натурального каменю або керамограніту, скло, різні полімери та композитні матеріали). Між несучою стіною і облицюванням укладають шар утеплювача з таким розрахунком, щоб між ним та облицюванням залишався повітряний прошарок, що сполучається із зовнішньою атмосферою.

Головна функція таких фасадів захисна. У навісних фасадних системах, як правило, використовують для облицювання досить стійкі до зовнішніх впливів матеріали.

Друга технічна функція – утеплення. Оскільки під облицювання укладають шар утеплювача, такі будинки перетворюються у своєрідні термоси. Це дозволяє будинку взимку повільніше охолоджуватись, а влітку менше нагріватись.

Важливу роль відіграє навісне облицювання і в підтриманні балансу водяної пари, що циркулює крізь стіни будівлі. Повітряний прошарок під облицюванням за правилами має бути суцільним. При дотриманні цих правил у стіні виникає вертикальна тяга повітря, подібна до тяги в камінній трубі. Дифузія водяної пари крізь стіни будівлі відбувається в напрямку "точки роси" – від високої температури до низької. Якщо температура всередині будівлі нижча, ніж зовні, то пар зміщується всередину, а якщо навпаки – назовні. Найбільшої шкоди стінам ця дифузія завдає в зимовий період. Узимку температура в приміщеннях становить не менше +20 °С, а зовні часто опускається нижче -30 °С. Навіть у тому випадку, якщо всередині приміщень працюють спліт-системи, що видаляють зайву вологу з повітря, усе одно різниця температур змушує залишкові водяні пари просочуватися назовні. Однак там вони швидко охолоджуються, випадають у вигляді роси та замерзають. Якщо замерзання відбувається під утеплювачем або в його товщі, то в першому випадку відбувається прискорене руйнування стін, а в другому – самого утеплювача. Товщину повітряного прошарку розраховують для кожної будівлі окремо, з урахуванням властивостей матеріалу капітальних стін, теплоізоляції, облицювальних елементів і багатьох інших факторів.

Конструкція вентилязованих фасадів

Навісні вентилязовані фасади – це багатошарові облицювальні конструкції, що дозволяють одночасно вирішити відразу дві проблеми: оптимізація мікроклімату в будівлі й поліпшення його архітектурного вигляду. Фасадні системи складаються з кількох елементів (рисунок 3.9): основи, несучого каркаса, теплоізоляційного шару, повітряного проміжку й захисного (зовнішнього) екрана. Кожен з них виконує певні функції.

Основа – стіна, на яку кріпиться фасадна система. З точки зору фізико-технічних характеристик, оптимальною основою для фіксації елементів фасаду є щільні однорідні матеріали – суцільна цегла, бетон. Пухкі, пористі матеріали, наприклад, пінобетон і газобетон, потребують добору спеціальних елементів кріплення.

Несучий каркас – сталева або алюмінієва конструкція, на якій кріпляться елементи навісного фасаду. Особлива система кріплення деталей дозволяє вирішити проблему критичної висоти облицьованої поверхні, яка виникає при кріпленні "на розчин". В останньому випадку все облицювання є єдиною системою, у якій кожен нижній елемент випробовує на собі тиск всіх верхніх. При великій висоті облицювання нижні плити, не витримуючи тиску, можуть відриватися або розколюватися.

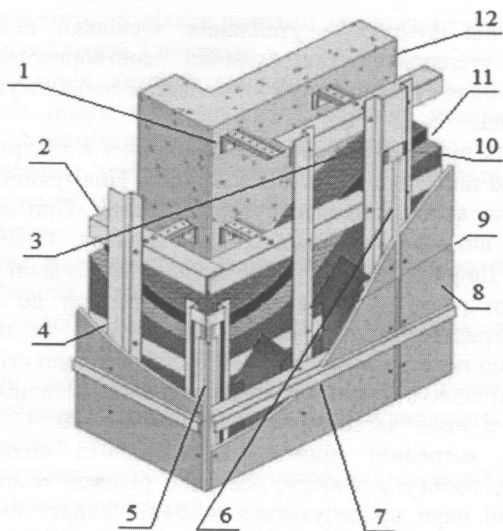


Рисунок 3.9 – Конструкція вентилязованого фасаду:

- 1 – кронштейн; 2 – горизонтальний профіль; 3 – вертикальний основний профіль; 4 – профіль вертикальний; 5 – профіль кутовий декоративний; 6 – профіль вертикальний декоративний; 7 – профіль горизонтальний декоративний; 8 – облицювальна плита; 9 – потік повітря; 10 – мембрана – повітряний бар'єр; 11 – утеплювач; 12 – стіна

У навісних фасадних системах усі елементи зафіксовані автономно і не впливають на сусідні, тому великі плити можуть безпечно використовуватися практично на будь-якій висоті.

Теплоізоляція – шар утеплювача захищає будівлю від переохолодження в холодну пору року і дозволяє істотно знизити енерговитрати на опалення внутрішніх приміщень.

Дуже важливим є вибір матеріалу для теплоізоляційного шару. Неправильно підібраний утеплювач буде поступово руйнуватися під впливом постійного повітряного потоку, насичуватися вологою, і, осідаючи, перекривати повітряний прошарок – важливий конструкційний елемент вентилязованих фасадів.

У разі, якщо температурний режим у будівлі відповідає нормативним вимогам, навісний вентиляований фасад може встановлюватися без теплоізоляції.

Повітряний прошарок є важливим елементом вентилязованих фасадів, завдяки якому вони й отримали свою назву. Повітряний прошарок шириною 40–80 мм розміщується між теплоізоляцією і зовнішнім облицювальним шаром. Завдяки різниці температур усередині будівлі й

зовні створюється перепад тиску, який, насамперед, зумовлює постійний вертикальний потік повітря в проміжку між шарами фасадної системи. Цей повітряний потік, діючи за принципом "втяжної труби", видаляє зайву атмосферну та внутрішню вологість і захищає стіни будівлі від вологи.

Повітряний потік слугує своєрідним "терморегулятором" – узимку не дозволяє будівлі переохолоджуватися (температура потоку на 2–3 °С вища, ніж зовнішня), а влітку постійна вентиляція попереджає надмірне нагрівання стін.

Захисний екран – зовнішній шар вентиляваного фасаду, що виконує як захисні, так і декоративні функції. Може бути виконаний з різних матеріалів – натурального каменю, керамограніту, скла, полімерів, композитних матеріалів. Облицювання захищає внутрішній утеплювальний шар від дії зовнішнього середовища й оберігає стіни будівлі від надмірного нагрівання прямими сонячними променями.

Зовнішній шар навісних фасадів дозволяє істотно поліпшити архітектурний вигляд будинку, приховати всі дефекти стіни за допомогою сучасних будівельних матеріалів.

Переваги вентиляваних фасадів

- *Теплоізоляція.* Завдяки шару утеплювача й повітряного прошарку між елементами навісні фасади надійно оберігають будівлю від переохолодження взимку й перегріву влітку. Будівлі, на яких установлені вентилявані фасадні системи, при відключенні опалення охолоджуються в 5–6 разів повільніше, ніж будівлі з традиційним облицюванням.

- *Захист стін.* Фасадні системи допомагають підтримувати на поверхні стіни стабільний рівень вологи й температури, захищаючи її від впливу атмосферних впливів і ультрафіолету, тим самим продовжують термін експлуатації всієї будівлі.

- *Видалення надлишкової вологи.* Постійний вертикальний потік повітря, що утворюється між стіною і панелями фасаду, ефективно видаляє як атмосферну, так і внутрішню вологу, покращуючи мікроклімат у будівлі і продовжуючи термін експлуатації його капітальних стін.

- *Звукоізоляція.* Багат шарова конструкція навісних фасадів істотно знижує шумовий фон у будівлі. Фасадні панелі мають звукопоглинальні властивості в широкому діапазоні частот – це дозволяє створити комфортні умови навіть поблизу об'єктів з традиційно високим рівнем шуму: аеропортів, вокзалів, центральних магістралей, промислових споруд.

- *Поліпшення архітектурного вигляду будинків.* На відміну від традиційних видів опорядження фасадів (фарбування, оштукатурювання, облицювання каменем або керамогранітом "на розчин"), влаштування навісних фасадних систем дозволяє не тільки усунути дрібні дефекти стін, а й приховати великі пошкодження та нерівності, що не піддаються ремонту.

- *Довговічність.* Середній термін служби навісного фасаду – не менше 50 років.

- *Відсутність спеціальних вимог до поверхні капітальних стін.* При установленні вентиляваних фасадів не виникає необхідності в ретельній підготовці несучих стін (видалення залишків фарби, облицювання, вирівнювання нерівностей та ін.).

- *Можливість монтажу в будь-яку пору року.* Для установлення навісних систем не застосовуються "мокрі" процеси – монтувати їх можна в будь-яку пору року.

- *Легкість ремонту.* У разі пошкодження одного з елементів облицювання навісного фасаду він може бути легко замінений без демонтажу всіх інших.

- *Економічність.* У багатьох випадках установлення вентиляваних фасадних систем обходиться дешевше, ніж фарбування будівлі; при цьому термін служби та експлуатаційні характеристики навісних фасадів значно кращі. Відмінні експлуатаційні характеристики навісних вентиляваних фасадів, широкий вибір матеріалів, що використовують для створення зовнішнього шару фасадної системи, різноманітність доступних форм і відтінків дозволяють застосовувати фасади як при будівництві нових, так і при відновленні старих об'єктів різного призначення.

3.8 Енергозберігаючі конструкції вікон

Тепловтрати через вікна виникають за рахунок теплопередачі та інфільтрації повітря через стулки та нещільності. Теплові витрати за рахунок теплопередачі залежать від площі та коефіцієнта теплопередачі конструкції вікон.

На 1 м^2 поверхні вікна припадає в декілька разів більше тепловтрат ніж на 1 м^2 непрозорої конструкції. Тому в деяких країнах нормовані найбільш допустимі розміри вікон. Наприклад, норми Швеції допускають площу вікон не більше 15% площі підлоги приміщення при його ширині 5 м. Для приміщення глибиною більше 5 м площа вікон збільшується на 3%. Цей підхід до вирішення розмірів світлопрозорих прорізів можна вважати лише орієнтовним. Вікна мають, передусім, забезпечувати освітлення й тим самим відповідати вимогам комфорту людей, що знаходяться в цих приміщеннях.

Для орієнтовного оцінювання необхідної площі вікон застосовують індикатор денного освітлення. Наприклад, для житлових приміщень сучасного житлового будівництва рекомендуються такі індикатори: відсоток засклення від площі підлоги приміщення має бути не меншим 15%, якщо відношення глибини приміщення до висоти приміщень не більше 1,9; відсоток засклення від усєї площі внутрішніх поверхонь приміщення має бути не меншим 3,5%, середній коефіцієнт відбиття світла

має бути не більшим 0,475; відношення висоти верхньої грані об'єкта, що затінюється, до відстані між фасадами будівель має бути 1:2.

Категоричне зменшення площі вікон несприятливе, з точки зору створення внутрішнього комфорту, проте існують резерви. Так, є будівлі зі стрічковим освітленням по всьому фасаду або з вікнами однакового розміру для всіх типів приміщень (для приміщень з різними вимогами до освітленості).

Досліджувалась можливість зменшення площі вікон в багатоповерхових житлових будівлях. У багатоповерхових будівлях, зазвичай, розміри вікон проектується по нижньому житловому поверсі. Площа вікон не змінюється в напрямку знизу вверх, хоч це і можливо, оскільки зі збільшенням кількості поверхів зменшується і ступінь затінення. На верхніх поверхах у такому разі площа вікон завищена; виникає можливість оптимізувати розміри вікон на основі диференціювання типу квартир по вертикалі. На нижніх поверхах можна проектувати невеликі квартири з малою глибиною приміщень та без лоджій. Частина площі, що залишається на цих поверхах, може бути використана для громадських приміщень. На верхніх поверхах мають розміщуватися квартири більшої площі. Тут можуть бути і лоджії, оскільки затемнення вже незначне.

Коефіцієнт теплопередачі вікон (засклених частин дверей) залежить від кількості проміжків (від кількості стекол), від заповнення між заскленого простору, від способу засклення, матеріалу рами, полотен і від відношення периметра вікон до їхньої площі.

Термічний опір скла відносно термічного опору простору між склом незначний.

Коефіцієнт теплопередачі вікон можна зменшити за рахунок збільшення кількості повітряних проміжків (збільшення кількості стекол).

Найбільш вигідна товщина повітряного проміжку – 5 см. Збільшення цього значення не призводить до збільшення термічного опору повітряного прошарку.

Особливе місце серед конструкцій вікон займають склопакети, виготовлені зі скла однакового розміру. Проміжки між склом забезпечуються пологими алюмінієвими профілями. З'єднання та ущільнення алюмінієвого профілю зі склом і забезпечення герметичності всього периметра цього елемента виконується за допомогою органічних замазок. Внутрішня замазка знаходиться постійно в пластичному стані, її задачею є також попередження проникнення водяної пари в простір між склом. Зовнішня замазка по периметру (еластичний матеріал) має надійний контакт зі склом та алюмінієм, здатна сприймати механічну напругу, попереднє проникнення води та водяної пари. Порожнину алюмінієвого профілю заповнюють матеріалом, який поглинає водяну пару, що знаходиться в повітрі. Ширина повітряного проміжку найбільш часто береться 12 мм. Пакет може мати 2, 3 або 4 скла.

Коефіцієнт теплопередачі для склопакетів з трьома скляними полотнами на 33% менший, ніж для склопакетів з двома. В останній час досліджувались також можливості підвищення термічного опору вікон шляхом заповнення проміжків між склом газом (сумішшю газів), які мають меншу теплопровідність, ніж повітря (вуглекислий газ – 1,5; фреон – 3; неон – 5).

Матеріал рами та полотен має значний вплив на коефіцієнт теплопередачі віконних конструкцій. Різниця значень зумовлена різними значеннями теплопровідності використовуваних матеріалів (теплопровідність сталі $\lambda = 58$, алюмінію $\lambda = 204$, пластмас і дерева від 0,16 до 0,24 Вт/м²·К). Особливо сприяють підвищенню коефіцієнта теплопровідності металеві рами вікон. Вікна з металевими рамами мають на 27–37% більший коефіцієнт теплопровідності, ніж вікна з дерев'яними рамами.

До тепловтрат вікон, зазвичай, додають також тепловтрати через рами, які виникають тому, що в місці стику рами вікна зі стіною в ній відбувається зниження температури порівняно з температурою ділянок стіни, що знаходяться на достатньому віддаленні від вікна. Тепловтрати в цьому місці тим більші, чим більший периметр вікна відносно його площі і чим менша відстань між вікнами в тій же стіні. Наприклад, відмічається збільшення коефіцієнта теплопередачі через тепловтрати в місці стику рами зі стіною до значення $\kappa = 0,4$ Вт/(м²·К) для вікна у вигляді склопакета з трьома стеклами розміром 210×150 см у цегляній стіні товщиною 450 мм. Для дерев'яного вікна з подвійним заскленням коефіцієнт теплопередачі $\kappa = 2,9$ Вт/(м²·К), а для вікна з урахуванням тепловтрат через стик рами зі стіною $\kappa = 3,3$ Вт/(м²·К).

За нормами необхідно, щоб тепловтрати на інфільтрацію були не більше 20% тепловтрат за рахунок теплопередачі. Однак при цьому необхідною є вимога кратності повітрообміну не менше ніж $n = 0,3$ 1/год. Значення повітрообміну n , 1/год – це відношення кількості повітря, що проникло в приміщення через нещільність швів, до об'єму приміщення за одиницю часу. Проте нові конструкції вікон мають дуже низький коефіцієнт теплопровідності ($0,13 \cdot 10^{-4}$).

Технологія "Теплове дзеркало" належить виключно компанії "Southwall Technologies" (рисунок 3.10). Вона була розроблена вченими з Масачусетського технологічного інституту, які поставили задачу широкого використання досліджень військово-космічної галузі з метою енергозбереження в побуті. Узавши за основу передові технології напилення низькоемісійних покриттів, що застосовуються для захисту від радіаційного та інших видів випромінювань прозорих частин скафандрів космонавтів та літаків-невидимок "Стелз".

"Теплові дзеркала" – це високоенергоєфективні склопакети (2), у міжскляному проміжку яких влаштована полімерна плівка "HeatMirror" (тепловий екран) (1), яка покрита атомарними шарами металів і оксидів,

що пропускають або відбивають потоки енергії, що на них потрапляють. Усередині склопакетів плівка практично не помітна для ока, але порівнюючи зі звичайним прозорим склом, вона надає вікнам високі теплоізолювальні характеристики. Полімерна плівка працює як хвильовий спектр, що пропускає короткі промені видимого світла, але відбиває шкідливі для здоров'я ультрафіолетові та дальні інфрачервоні теплові промені енергії. Плівка практично так само ефективно відбиває інфрачервоні промені як дзеркальна фольга. Ці теплові промені відбиваються назад до їхнього джерела, узимку всередину приміщення, а влітку – назовні. Вентиляційні тепловтрати зменшуються за рахунок спеціальних ущільнювачів (3).

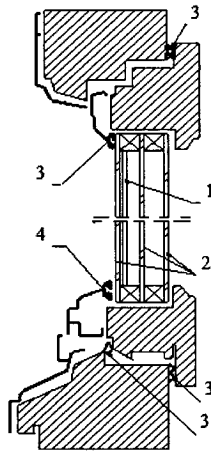


Рисунок 3.10 – Конструкція "теплого дзеркала":
 1 – напівпрозора плівка оксидів металів завтовшки 1 мкм;
 2 – тришаровий склопакет; 3 – ущільнювач

Оптична полімерна поліетилентерафталатна плівка товщиною 75 мкм з низькоемісійним напильням. Ці покриття, кількість яких знаходиться в межах від 8 до 12 залежно від типу та функціонального призначення плівки, наносяться методом вакуумного магнетронного напильнення для надання необхідних властивостей. Шари металів (золото, срібло, оксид індій та ін.) забезпечують селективне пропускання електромагнітних хвиль у спектрі випромінювання, прозорі ж для випромінювання шари діелектричних покриттів захищають метали від окислення. За поєднанням двох основних властивостей – ступінь чорноти менше 0,05 та прозорість у видимому діапазоні більша 80% – деяким плівкам сьогодні немає рівних у світі.

3.9 Енергозбереження при проектуванні та будівництві малоповерхових будинків

У північних країнах Європи із загальних енергозатрат орієнтовно 40–50% становлять енергозатрати на опалення приміщення і підготовку теплої води. Вартість енергоносіїв, тобто нафти, газу, електроенергії постійно збільшується. Тому питанню економії енергозатрат у всіх європейських країнах приділяється велика увага. Це відображається не лише в дискусіях у засобах масової інформації, а й у нормативних документах цих країн.

Так, наприклад, у країнах Європейського Союзу починаючи з 1 січня 2009 року кожна будівля як проєктована, так і побудована раніше має мати енергетичний паспорт (енергосертифікат). У цьому енергетичному паспорті мають бути наведені дані про загальні тепловтрати будинку в кВт·год на 1 м² опалюваної площі, а також емісія вуглекислого газу CO₂. Вимоги про зменшення виділення CO₂ пов'язані із зусиллями провідних країн світової економіки перешкодити несприятливим змінам клімату, пов'язаним з постійним підвищенням середньої температури повітря земної кулі.

Директиви Європейського Союзу не встановлюють вимоги для кожної країни окремо, оскільки кліматичні умови країн Європейського Союзу суттєво відрізняються. Але методика визначення загальних тепловтрат будинків для всіх країн є єдиною і викладена в стандарті ENISO 1379:2008.

Кожна країна окремо при визначенні вимог з енерговитрат в кВт·год на 1 м² опалюваної площі має керуватися як кліматичними умовами своєї країни, так і її загальним економічним рівнем життя.

Починаючи з 1 квітня 2007 року в Україні дійсними є будівельні норми ДБН В.2.6-31:2006 "Тепловий захист будинків" на заміну СНиП II-2-79. Цими нормами, на відміну від СНиП II-3-79, встановлено вимоги не лише до теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій, а й до нормативних тепловтрат будинків E_{\max} в кВт·год на 1 м² опалюваної площі за рік. Причому для огорожувальних конструкцій при визначенні тепловтрат має враховуватись:

- характеристики теплопровідності;
- вологісний режим зовнішніх огорожень;
- повітронепроникність;
- теплова інерція.

Водночас, у ДБН В.2.6-31:2006 наведено методику складання і форму енергетичного паспорта будинку. Таким чином, ДБН В.2.6-31:2006 є сучасним нормативним документом, який встановлює правила теплового захисту будинку.

Таблиця 3.2 – Зведений коефіцієнт теплопередачі $U = 1/Rq_{\min}$ (Вт/м²·К) для основних видів огороджуючи конструкцій будинків в країнах

Вид констр. будинку	Естонія		Фінляндія		Латвія	Литва	Україна І зона
	згідно зі стандартом EVS 837-1	рекомендований з 2009 р.	до 2010 р.	починаючи з 2010 р.			
Стіни	0,28	0,20...0,25	0,24	0,17	0,25* 0,30**	0,20	0,3
Дах	0,22	0,15...0,20	0,15	0,09	0,20	0,16	0,2
Підлога	0,22	0,15...0,20	0,24	0,16	0,20	0,25	0,26
Вікна, двері	2,10	0,70...1,40	1,40	1,00	1,80	1,60	1,7

Примітки:

* – при питомій масі стіни ≤ 100 кг/м³.

** – при питомій масі стіни ≥ 100 кг/м³.

Як видно з таблиці 3.2, для даху та вікон в Україні вимоги для U (Вт/м²·К) суттєво не відрізняються від вимог, встановлених в інших країнах. Але для зовнішніх стін коефіцієнт теплопередачі на 20% перевищує рекомендовані вимоги, установлені в Естонії і Латвії.

Необхідно зазначити, що викладена в ДБН В.2.6-31:2006 методика визначення загальних енергозатрат потребує від проєктанта певної підготовки й знання будівельної теплофізики. Тому до появи методичних вказівок з прикладами розрахунку чи публікування комп'ютерної програми розрахунку це питання для більшості проєктантів є важко-вирішуваним.

Найбільші тепловтрати відбуваються не через зовнішні стіни (20%), а через вікна і двері (22%) і на підготовку теплої води (28%).

Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері, дах і підлогу) становлять 52%, тобто приблизно половину від загальних тепловитрат.

3.10 Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю «енергоекономічна будівля».
2. Укажіть основні шляхи економії енергії в житлових будівлях.
3. Які Ви знаєте архітектурно-планувальні заходи з підвищення теплової ефективності будівель?
4. Які об'ємно-планувальні рішення виконуються з метою зменшення тепловтрат в будівлях?
5. Як виглядає типова структура витрат теплової енергії в будівлях?
6. Що передбачає теплове зонування будівлі?
7. Які основні теплотехнічні вимоги до будівельних конструкцій?
8. Від яких параметрів залежить тепловий комфорт будівлі в холодний період року?
9. Від яких параметрів залежить тепловий комфорт будівлі в теплий період року?
10. Опишіть методику розрахунку тепловтрат в будівлі.
11. Як впливають геометричні та композиційні рішення будівель на їхні тепловтрати?
12. Назвіть основні способи утеплення огорожувальних конструкцій. Їхні переваги та недоліки.
13. Укажіть особливості легкого та важкого типів зовнішнього утеплення.
14. Опишіть конструкцію навісних вентиляованих фасадів.
15. Особливості застосування навісних вентиляованих фасадів.
16. Особливості проектування віконних прорізів у багатоповерхових будівлях.
17. Опишіть конструкцію енергозберігаючих вікон. «Теплове дзеркало».
18. Особливості енергозберігаючих заходів під час проектування малоповерхових будівель.

ГЛОСАРІЙ

1. *Енергоресурси (energy resources)* – матеріальні об'єкти, у яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною.

2. *Тепловий захист (therma protection)* – захист будівель, трубопроводів, теплових устаткувань від теплообміну з навколишнім середовищем для зменшення теплових втрат і збереження теплового режиму об'єкта.

3. *Енергетичний паспорт будівлі (energy passport)* – виданий енергетичним аудитором (фірмою з енергетичного аудиту) документ, який містить енергетичні характеристики будівлі та заходи щодо їхнього удосконалення.

4. *Теплотехнічна санація (thermo sanitation)* – програма міського будівництва, спрямована на поліпшення умов життя у непорядкованих будинках, а також реконструкцію та модернізацію застарілих житлових будівель, з точки зору покращення їхніх теплотехнічних властивостей.

5. *Точка роси (dew-point)* – температура, при якій повітря досягає стану насиченості водяною парою при незмінному тиску й даному стані волого утримання.

6. *Вентильований фасад (ventilated facade)* – система конструкцій, які встановлюються на зовнішніх стінах будинків для зміни зовнішнього вигляду будівлі, захисту від впливу зовнішнього середовища та утеплення з метою енергозбереження.

7. *«Теплове дзеркало» (thermal mirror)* – це високоенергоєфективні склопакети, у міжскляному проміжку яких влаштована полімерна плівка (тепловий екран), що покрита атомарними шарами металів і оксидів, які пропускають або відбивають потоки енергії.

8. *Селективне покриття (selective coating)* – оптичні покриття, що створюються на поверхні елементів сонячних енергетичних установок з метою зниження в них радіаційних теплових втрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Энергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи : довідник. – К. : "НДІпроектреконструкція", 2006. – 144 с.
2. Міжнародна фінансова корпорація IFC "Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою "зеленого тарифу" : посібник для інвесторів. – 2012. – 80 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р.
4. Гелету́ха Г. Г. Анализ основных положений энергетической стратегии Украины на период до 2030 года / Г. Г. Гелету́ха, Т. А. Железная // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28. – № 2.
5. Гелету́ха Г. Г. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелету́ха, Т. А. Железна, Ю. Б. Матвеев, М. М. Жовмір // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2004. – № 73. – Ч. 1. – С. 131–138.
6. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. Bruxelles. – 1997. – 53 p.
7. CSN 73 0560 Tepeine technicke vlastnosti stavebnich konstrukci a budov. Vyrobní pru-prumyslove budovy.
8. Ржеганик Я. Снижение теплопотерь в зданиях / Я. Ржеганик, А. Яноуш. – М. : СИ, 1988. – 168 с.

Навчальне видання

**Дудар Ігор Никифорович
Кучеренко Лілія Василівна
Швець Віталій Вікторович**

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В МІСЬКОМУ БУДІВНИЦТВІ
Частина 1**

Навчальний посібник

Рукопис оформив В. Швець
Редактор О. Ткачук
Оригінал-макет підготовлено О. Ткачуком

Підписано до друку 13.03.2018 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 3,42.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2018-062.

Видавець та виготовлювач
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.