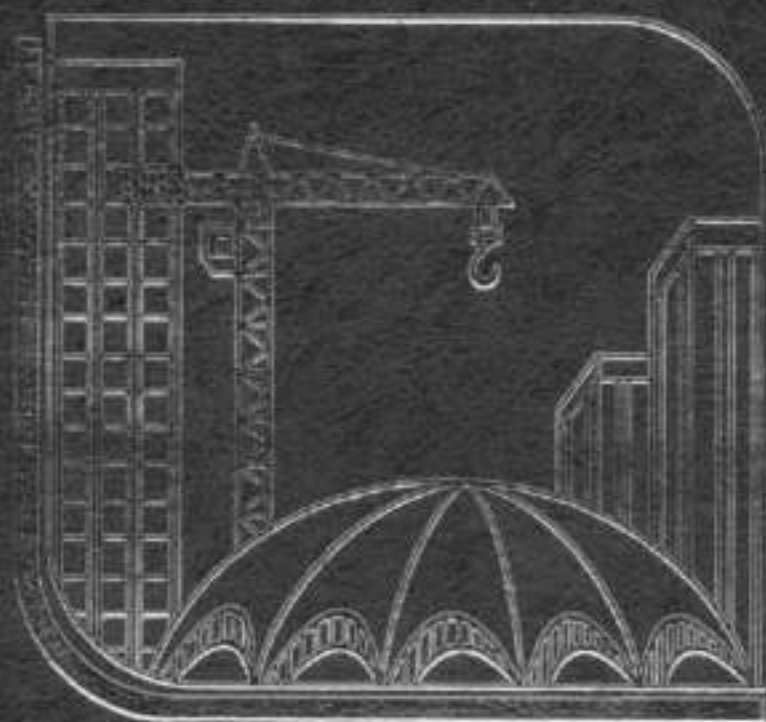


Г. В. Герун

АРХИТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ОСНОВНІ ПІРСЕКТУВАННЯ

ПІРРУЧНИК



 ЖОНДОР

Г.В.Гегун

АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Книга 1

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

Видання друге
перероблене та доповнене

Підручник

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів*

УДК 725
ББК 38.4
Г 44

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом підготовки «Будівництво»
(лист №1/11-204 МОН України від 22.01.2010 р.)*

Рецензенти:

О.Т.Дворецький – д-р техн. наук, проф., завідувачий кафедри архітектури будівель і геометричного моделювання Національної академії природоохоронного і курортного будівництва

Ю.М.Ковальов – д-р техн. наук, проф., завідувачий кафедри прикладної геометрії та комп'ютерної графіки Національного авіаційного університету.

Гетун Г.В.

Г 44 Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге, перероблене та доповнене. — К.: Кондор-Видавництво, – 2012 р. – 380 с.

ISBN 978-966-351-335-5

У підручнику викладені загальні відомості про будівлі та інженерні споруди, визначені основні вимоги до їх будівництва й експлуатації та розглянуті нормативно-технічні основи архітектурно-будівельного проектування; конструктивні рішення сучасних будівель, нормативні положення з питань збору навантажень і впливів на будівлі, правила виконання архітектурно-будівельних креслень та техніко-економічної оцінки проектних рішень. Розглянуті питання архітектурної кліматології, кліматичного районування території України, санітарно-гігієнічних вимог до приміщень будівель, теплової ізоляції будівель і теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій, будівельної світлотехніки, основ світлотехнічного розрахунку приміщень будівель та інсоляції житла, архітектурно-будівельної акустики та шумозахисту в містах і будівлях.

Підручник призначений для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівня акредитації, які навчаються за напрямом підготовки 6.06.101 «Будівництво».

ББК 38.4

ISBN 978-966-351-335-5

© Г. В. Гетун, 2011

© Кондор-Видавництво, 2011

ПЕРЕДМОВА

Архітектурно-будівельні об'єкти, будівлі та споруди – це продукт діяльності людей по створенню штучного просторового середовища, в якому відбуваються всі їхні життєві процеси: праця, побут, культурний розвиток, спілкування, відпочинок тощо. Як сфера матеріального виробництва, архітектура залежить від розвитку будівельних технологій і відбиває соціальні, матеріальні та економічні можливості суспільства. Поряд із тим, архітектура, як прикладне мистецтво, здатна справляти на людей глибокий емоційний вплив.

Архітектурне проектування будівель і споруд та їх комплексів здійснюють у відповідності з встановленими до них функціональними вимогами, об'ємно-планувальною специфікою, законами будівельної фізики та архітектурно-художньою виразністю. Римський архітектор Марк Вітрувій в другій половині I ст. до н. е. писав, що "архітектура це єдність користі, міцності та краси", тобто в архітектурі повинні органічно поєднуватися функціональні, конструктивні та естетичні риси.

Засобами архітектури, як прикладного мистецтва, є простір і архітектурно-конструктивні форми оболонки, які захищають людей від негативних впливів зовнішнього середовища. Форма архітектурно-будівельних об'єктів визначається великою кількістю складових: функціональним призначенням, її конструктивним рішенням, матеріалами будівельних конструкцій, технологією та умовами будівництва, естетичною значимістю, а також взаємодією з навколишнім середовищем. Витворами архітектури є будівлі, окремі елементи міської забудови та просторова організація міст у цілому, інженерні споруди: мости, тунелі, канали, греблі тощо, а також споруди зовнішнього благоустрою: монументи, фонтани, підпірні стіни, тераси, набережні, шумозахисні екрани.

Підручник «Архітектура будівель та споруд» буде складатися з п'яти книг: книга 1 – «Основи проектування»; книга 2 – «Житлові будинки»; книга 3 – «Громадські будівлі»; книга 4 – «Промислові будівлі»; книга 5 – «Історія архітектури». Даний підручник «Основи проектування» складається із двох розділів: «Загальні відомості про будівлі та споруди» і «Основи будівельної фізики».

У розділі «Загальні відомості про будівлі та споруди» наведена сучасна класифікація будівель та інженерних споруд, визначені основні вимоги до їх будівництва і експлуатації та розглянуті нормативно-технічні основи архітектурно-будівельного проектування. Відповідно до наведеної класифікації розглянуті конструктивні рішення сучасних будівель, зібрані та проаналізовані сучасні нормативні положення з питань збору навантажень і впливів на будівлі, правила виконання архітектурно-будівельних креслень та техніко-економічної оцінки проектних рішень.

У розділі «Основи будівельної фізики» розглянуті питання: архітектурної кліматології, кліматичного районування території України, санітарно-гігієнічних вимог до приміщень будівель, теплової ізоляції будівель і теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій, будівельної світлотехніки, основ світлотехнічного розрахунку приміщень будівель та інсоляції житла, архітектурно-будівельної акустики та шумозахисту в містах і будівлях.

У додатках підручника у достатньо широкому обсязі наведений довідковий матеріал, який буде корисним для студентів при виконанні курсових і дипломних робіт, а проєктувальникам – при розробці проєктної документації.

Підручник «Архітектура будівель та споруд» призначений для студентів вищих навчальних закладів, які згідно з галузевим стандартом вищої освіти України навчаються за напрямком 6.060101 «Будівництво». У професійній підготовці інженерів-будівельників навчальний курс «Архітектура будівель та споруд» належить до числа фундаментальних загальнопрофесійних дисциплін. Його вивчення сприяє правильному розумінню закономірностей утворення матеріально-конструктивної основи будівель і споруд. У навчальному курсі вирішуються задачі, пов'язані із розвитком у студентів конструкторського мислення, формуванням архітектурно-конструктивних *мань і вмінь*, які необхідні як для сучасної професійної діяльності, так і для підвищення загальної компетенції в архітектурно-будівельній галузі.

Метою вивчення дисципліни «Архітектура будівель та споруд» є надання майбутнім інженерам-будівельникам знань про особливості архітектурно-будівельної структури житлових і нежитлових (громадських і промислових) будівель та споруд, у яких поєднується системний зв'язок функціональних, конструктивних і естетичних вимог із технологією виготовлення, будівництва та експлуатації окремих конструкцій.

Основними завданнями, що мають бути вирішені у процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка студентів з питань, викладених у розділах підручника:

- основи проєктування будівель та інженерних споруд;
- архітектурно-конструктивні рішення житлових одноквартирних будинків з використанням традиційних конструкцій;
- архітектурно-конструктивні рішення багатоквартирних житлових будинків із використанням індустріальних конструкцій;
- історія світової та української архітектури;
- архітектурно-конструктивні рішення промислових будівель та споруд;
- особливості архітектурно-конструктивних рішень висотних будівель та покриттів із великими прогонами для зальних приміщень нежитлових будівель;
- спеціальні питання архітектурно-конструктивного проєктування будівель в сейсмічних районах, на підроблюваних територіях та просідючих ґрунтах.
- Згідно з галузевим стандартом вищої освіти України та вимогами освітньо-професійної програми студенти вищих навчальних закладів напряму 6.060101 «Будівництво» повинні *знати*:
 - загальні відомості про функціональне призначення житлових і нежитлових будівель і споруд та особливості їх об'ємно-планувальних рішень;

- загальні вимоги до будівель і споруд та їх елементів;
- основи модульної координації, уніфікації, стандартизації та типізації у будівництві;
- сучасні тенденції у розробці та удосконаленні будівельних і конструктивних систем житлових і нежитлових будівель та їх елементів;
- фізико-технічні, технологічні основи будівництва та проблеми енергозбереження будівель;
- історію світової та української архітектури;
- принципи і заходи конструювання як окремих несучих і огорожувальних елементів, так і всієї будівлі у цілому;
- особливості архітектурно-конструктивних рішень висотних будівель та покриттів із великими прогонами зальних приміщень нежитлових будівель;
- основи проектування будівель та споруд в сейсмічних районах, на підроблюваних територіях та просідаючих ґрунтах.

Після вивчення дисципліни «Архітектура будівель та споруд» студенти повинні **вміти:**

- обґрунтовано вибирати при проектуванні конструктивні та будівельні системи будівель;
- грамотно виконувати архітектурно-будівельні креслення;
- розробляти архітектурно-конструктивні рішення житлових одноквартирних будинків з використанням традиційних конструкцій;
- розробляти архітектурно-конструктивні рішення багатоквартирних житлових будинків з використанням індустріальних конструкцій;
- розробляти архітектурно-конструктивні рішення одню- та багатоповерхових каркасно-панельних промислових будівель;
- виконувати теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій будівель та світлотехнічні розрахунки для забезпечення достатнього освітлення робочих місць у приміщеннях.

Дисципліна «Архітектура будівель та споруд» є однією із основних при підготовці студентів будівельного факультету для спеціальності 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво», у подальшому ПЦБ. Тому при складанні підручника проведена ув'язка цього курсу з іншими профілюючими дисциплінами навчального плану. Базовими для оволодіння змістом курсу є дисципліни: «Нарізна геометрія та креслення», «Будівельне матеріалознавство», «Фізика», «Теоретична механіка» та «Опір матеріалів».

Структура підручника відповідає робочій навчальній програмі з дисципліни «Архітектура будівель та споруд» та послідовності виконання за нею студентами курсових проектів. Для кожного тематичного виду курсового проекту будівлі наведені основні вимоги та правила розробки його складових частин і приклади оформлення архітектурно-будівельних креслень. Викладений у підручнику матеріал ув'язаний із сучасними нормативними документами, які необхідно використовувати при проектуванні будівель та інженерних споруд на території України.

Знання з дисципліни «Архітектура будівель та споруд» є базовими для вивчення таких спеціальних дисциплін як «Будівельна механіка», «Технологія будівельного

виробництва», «Основи і фундаменти», «Залізобетонні та кам'яні конструкції», «Металеві та дерев'яні конструкції», «Організація та економіка будівництва».

Мета цього підручника – допомогти студентам вищих навчальних закладів вивчити та самостійно закріпити навчальний матеріал із дисципліни «Архітектура будівель та споруд», допомогти дипломникам при розробці архітектурно-будівельної частини дипломного проекту. Підручник може бути корисним для інженерів-проектувальників і спеціалістів у галузі будівництва, як довідник, у якому зібрані сучасні нормативні дані, що стосуються проблем проектування та експлуатації будівель і споруд.

Автор щиро вдячний рецензентам підручника: професорам, докторам техн. наук О.Т.Дворецькому, Ю.М.Ковальову, Є.В.Пугачову і О.В.Сергейчуку, доцентам, канд. техн. наук В.Д.Віроцькому і канд. архітектури Б.Г.Криштопу за вагомий внесок щодо редагування і поліпшення якості підручника та наукові консультації з питань будівельної фізики. Моя подяка колегам, викладачам будівельного та архітектурного факультетів і всім членам вченої ради КНУБА за корисні зауваження і побажання під час роботи над підручником.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

1.1. Класифікація будівель і споруд

При проектуванні будівель та споруд вводяться поняття *споруда*, *будівля*, *будинок* та *інженерна споруда*.

Із метою зіставлення національних статистичних даних щодо продукції будівництва з даними Статистичної комісії Європейського Союзу (Євростату) та ООН, у відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України від 27.06.1998 р. №971 «Про програму реформування державної статистики на період до 2002 року» розроблений «Державний класифікатор будівель та споруд» ДК 018-2000 чинний з 01.01.2001 р. [22].

Об'єктами класифікації у «Державному класифікаторі будівель та споруд» є будівлі виробничого і невиробничого призначення та інженерні споруди різного функціонального призначення.

Споруда – це будівельний об'єкт (рукотворне утворення), створений з будівельних матеріалів, напівфабрикатів, устаткування та обладнання в результаті виконання різних будівельно-монтажних робіт та призначений для виконання господарських або інших функцій. Поняття *споруда* є найбільш широким, воно охоплює всі витвори архітектури.

Споруди поділяють на *будівлі* та *інженерні споруди*.

Будівля – це споруда, що складаються з несучих та огорожувальних конструкцій, які утворюють наземні або підземні приміщення для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів.

Будівлі безпосередньо пов'язані із життям і трудовою діяльністю людини та мають внутрішній простір, розділений на окремі приміщення. Будівлі, призначені для проживання людей називають *житловими будівлями*, а для іншого перебування людей (трудова діяльність, відпочинку, навчання, лікування тощо) – *нежитловими будівлями*.

Житлові будинки класифікують за трьома підрозділами: 1 – будинки одноквартирні; 2 – будинки з двома та більшою кількістю квартир; 3 – гуртожитки. Нежитлові будівлі поділяють на сім підрозділів: 1 – готелі, ресторани та подібні будівлі; 2 – офісні; 3 – торговельні; 4 – транспорту та засобів зв'язку; 5 – промислові та склади; 6 – для публічних виступів, закладів освітнього, медичного та оздоровчого призначення; 7 – нежитлові інші.

Інженерна споруда – це об'ємна, площинна або лінійна наземна, надземна або підземна будівельна система, що складається з несучих і, в окремих випадках, огорожувальних конструкцій та призначена для виконання виробничих процесів різних видів, розміщення устаткування, матеріалів і виробів, для тимчасового перебування та пересування людей, транспортних засобів, вантажів, переміщення рідких і газоподібних продуктів тощо.

Інженерні споруди класифікують за чотирма підрозділами: *1 – транспортні споруди* (автостради, вулиці, дороги, залізниці, злітно-посадкові смуги, мости, естакади, тунелі та метро, водні споруди тощо); *2 – трубопроводи, комунікації та лінії електропередачі*; *3 – комплексні промислові споруди*; *4 – споруди спортивного і розважального призначення та інші*. Вузьке утилітарне призначення інженерних споруд не висуває необхідності створення матеріального середовища для житлової діяльності людей. У той же час, більшість інженерних споруд є складовою частиною архітектурної забудови міст, а тому їх можна називати архітектурними спорудами.

«Державний класифікатор будівель та споруд» (ДК БС) побудовано за ієрархічним методом класифікації з використанням послідовної системи кодування. Кожна його позиція містить п'ятизначний цифровий код і назву відповідних класифікаційних угруповань. Загальна структура цифрового коду ДК БС відповідає такій схемі: X – розділ; XX – підрозділ; XXX група; XXXX – клас; XXXX.X – підклас, а цифрові коди повністю відповідають Класифікації типів споруд Євростату та забезпечують можливість входження до центральної класифікації товарів ООН (СРС). Класифікація будівель та споруд за даними [22] наведена у *Додатку 1.1*.

На відміну від затвердженого класифікатору, у колишньому Радянському Союзі всі будівлі за призначенням поділяли на *промислові* та *цивільні*. *Цивільні будівлі*, у свою чергу, поділяли на *житлові* та *громадські*.

За способом зведення будівлі поділяють на:

– *будівлі із традиційних (дрібнорозмірних) елементів*, які можна переміщати вручну або за допомогою засобів малої механізації. Стіни таких будівель споруджують із цегли, каменів, дрібних блоків, деревини (колод, брусів або дощок), перекриття збирають із балок і міжбалкового заповнення, а дахи, переважно, похилі складаються із несучих елементів (крокв, стояків, підкосів, прогонів, лежнів, бантин) і покрівлі. Зведення таких будівель є не індустріальним;

– *будівлі із збірних великорозмірних елементів* (великих стінових блоків, панелей, плит перекриття, об'ємних блоків тощо), які виготовляють на будівельних комбінатах. Для їх транспортування та монтажу використовують спеціальні засоби механізації. Зведення таких будівель ведуть індустріальними методами;

– *будівлі монолітні та збірно-монолітні*, які зводять індустріальними методами з механізованою укладкою бетону із використанням різноманітних опалубок і конструктивних виробів заводського виготовлення.

За видом матеріалу основних несучих конструкцій будівлі поділяють на *кам'яні, бетонні та залізобетонні, металеві, сталезалізобетонні, дерев'яні*, а також із *синтетичних матеріалів* (для пневмоконструкцій). Часто конструкції однієї будівлі виконують із різних матеріалів, наприклад, із каменя і залізобетону або із металу і залізобетону.

За експлуатаційними характеристиками будівлі поділяють на:

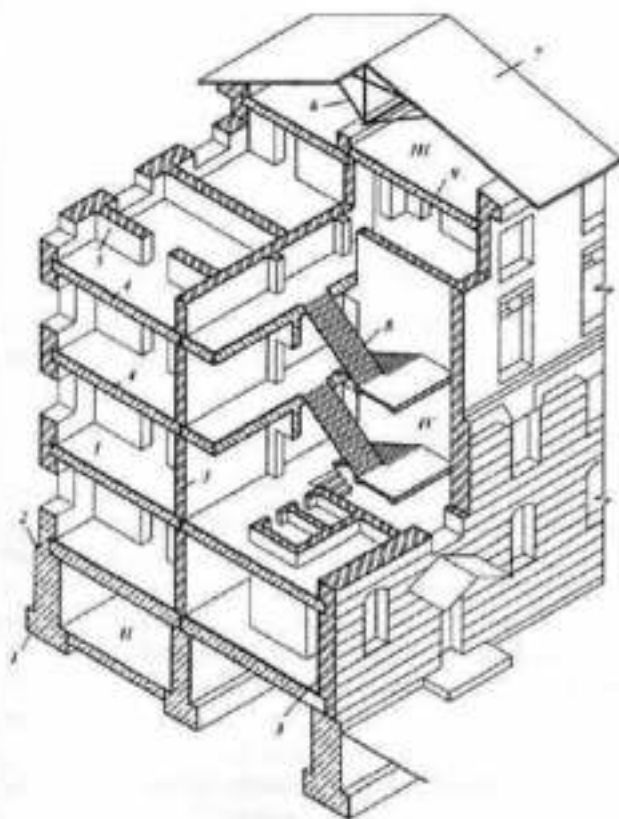
- будівлі, що опалюються та потребують підтримування температурно-вологісного режиму, який регламентується державними будівельними нормами;
- будівлі, що не опалюються та не потребують підтримування додатних температур повітря всередині. До них відносяться будівлі з надлишковими технологічними тепловиділеннями, деякі склади, гаражі тощо.

За ступенем розповсюдження усі будівлі поділяють на:

- будівлі масового будівництва, які тиражуються при забудові за типовими проектами або проектами, що багатократно використовуються;
- унікальні, які мають важливе народногосподарське та соціальне значення і зводяться за індивідуальними проектами.

Для того, щоб проєктувальники правильно орієнтувались у питаннях необхідних вимог, що висунуті до конкретної будівлі, встановлено важливе поняття – клас будівлі за відповідальністю, який враховує ступінь відповідальності та народногосподарського значення будівлі та споруди [7, 19].

1.2. Будівлі та їх елементи, основні поняття і визначення



Будівля формується з окремих зв'язаних між собою частин, які мають визначені призначення та назви. Складовими частинами будівель є п'ять основних груп: *об'ємно-планувальні елементи, будівельні конструкції, конструктивні елементи, архітектурно-конструктивні елементи та будівельні вироби* (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

Рис. 1.1. Об'ємно-планувальні та конструктивні елементи будівлі традиційної будівельної системи:

- I – поверх; II – підвал; III – дах;
- IV – сходові клітки; I – фундамент; 2 – цоколь; 3 – несучі зовнішні та внутрішні стіни; 4 – міжповерхові перекриття; 5 – внутрішня самонесуча стіна; 6 – дах покриття; 7 – покрівля; 8 – сходи; 9 – дахові перекриття

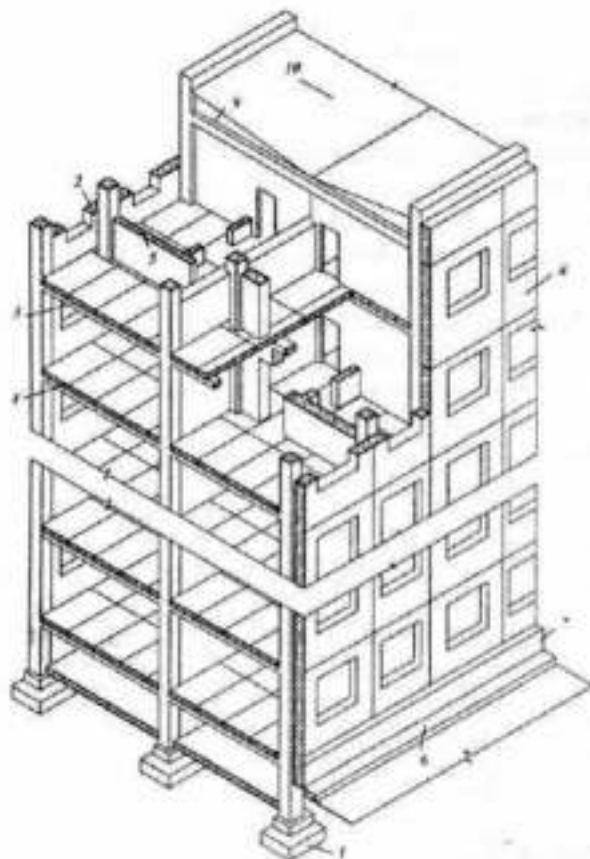


Рис. 1.2. Конструктивні елементи будівлі каркасно-панельної будівельної системи:

1 – фундамент під колону; 2 – колона; 3 – ригель каркаса; 4 – міжповерхове перекриття; 5 – внутрішня стіна; 6 – вимощення; 7 – цоколь; 8 – навісна стінова панель; 9 – горішнє перекриття; 10 – покрівля

1.2.1. Об'ємно-планувальні елементи

Об'ємно-планувальні елементи – це великі складові частини будівлі, на які можна поділити весь її об'єм: приміщення, поверхи, сходово-ліфтовий вузол, мансарда, горіще, веранда, ярус тощо. Ці елементи утворюють об'ємно-планувальну структуру всієї будівлі та визначають її архітектурні якості.

Приміщення – це частина внутрішнього об'єму будівлі, обмежена з усіх боків будівельними конструкціями, що має визначене функціональне призначення. За функціональним призначенням приміщення поділяють на групи:

- *основні*, які відповідають основним функціям будівлі (кімнати житлових будинків, класи і кабінети шкіл, торговельні зали магазинів тощо);
- *допоміжні*, що забезпечують функціонування основних приміщень будівель (фойє у театрах, холи, підсобні приміщення магазинів тощо);

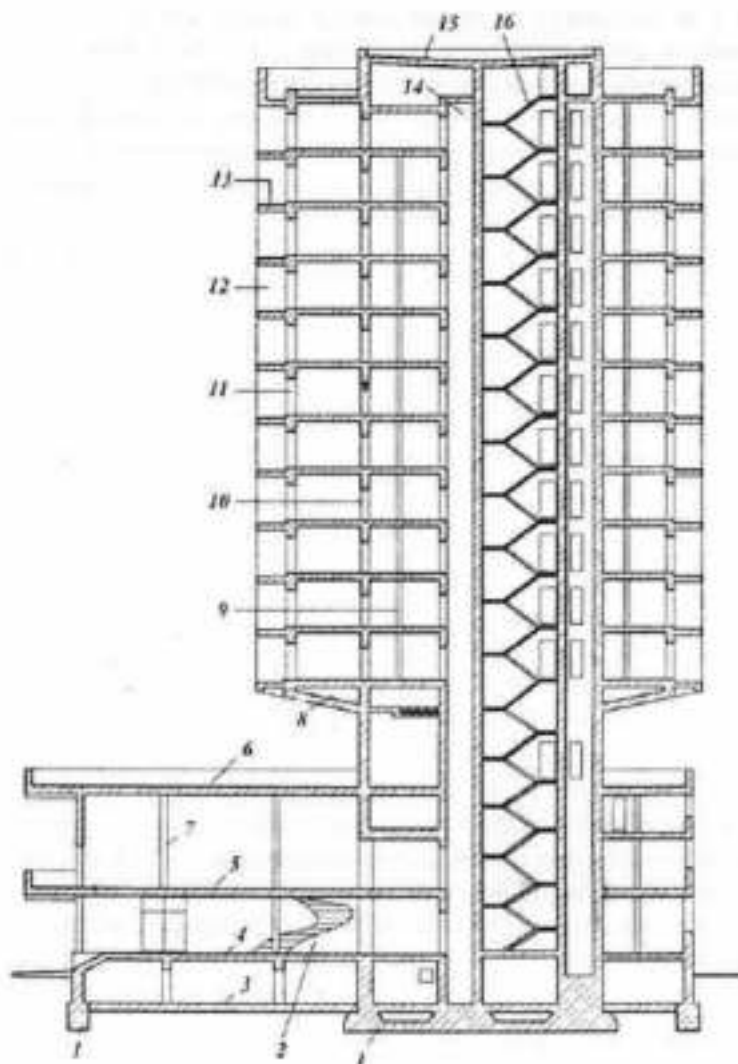


Рис. 1.3. Будівельні конструкції багатопверхової будівлі готельно (розріз):

1 – фундамент; 2 – відкриті внутрішні сходи; 3 – підлога по ґрунту; 4 – цокольне перекриття; 5 – міжповерхове перекриття; 6 – експлуатоване покриття; 7 – колона; 8 – консольна балка; 9 – перегородка; 10 – дверний проріз у стіні; 11 – зовнішня стіна; 12 – стіна лоджії; 13 – перекриття лоджії; 14 – шахта ліфта; 15 – дах покриття; 16 – сходово клітка

– *обслуговуючі*, які підвищують комфорт і санітарно-гігієнічні умови в будівлі, але не мають прямого відношення до основних функцій (вестибюлі, санітарні вузли тощо);

– *комунікаційні*, що забезпечують зв'язок між приміщеннями всередині будівлі (коридори, галереї, сходово-ліфтові вузли тощо);

– *технічні*, які проектують для розміщення інженерно-технічного обладнання та прокладання комунікацій (теплові вузли, бойлерні, електрощитові, вентиляційні камери, машинні приміщення ліфтів, сміттєзбиральні камери тощо).

Поверх – це частина будівлі між верхом перекриття або підлоги по ґрунту і верхом перекриття, що розташоване вище (рис. 1.3, 1.4). У залежності від призначення та розташування поверхи мають визначену назву:

надземний – поверх, підлоги приміщень якого розміщені не нижче планувальної позначки землі (рівень землі на межі вимощення).

підземний – поверх, підлоги приміщень якого розміщені нижче планувальної позначки землі на всю висоту приміщення;

підвальний (перший підземний) – поверх, підлоги приміщень якого розміщені нижче планувальної позначки землі більше ніж на половину висоти приміщення (рис. 1.5, б);

цокольний – поверх, підлоги приміщень якого розміщені нижче планувальної позначки землі на висоту не більше половини висоти приміщення (рис. 1.5, а);

перший – нижній надземний поверх будівлі (рис. 1.5);

основний – поверх (для розрахунку ліфтів), на який мешканці мають нормальний доступ із території біля будівлі;

мансардний – поверх у горищному просторі будівлі, фасад якого повністю або частково утворений поверхнею (поверхнями) похилої чи ламаної покрівлі та призначений для розміщення житлових або підсобних приміщень, що опалюються. Площу горизонтальної частини стелі таких приміщень приймають не менше 50% площі підлоги, а висоту стін до низу нахиленої частини стелі не менше 1,4 м;

технічний – поверх, призначений для розміщення інженерного обладнання і прокладання комунікацій. Може розташовуватись у нижній (технічне підпілля), верхній (технічне горище) або в середній частині будівлі (технічний проміжний), а також над проїздами. Висота технічного поверху в місцях проходу технічного персоналу повинна бути не менше 1,9 м. У промислових будівлях для прокладки різних комунікацій використовують підпільні канали (рис. 1.5, в), які можуть бути непрохідними або напівпрохідними. Стінки таких каналів викладають із цегли або монолітного залізобетону та спирають на них залізобетонні плити, по яким влаштовують покриття підлоги.

Горище – простір, розташований між поверхнею покриття (даху), зовнішніми стінами і перекриттям верхнього поверху будівлі (горищним перекриттям) (рис. 1.4).

Сходові клітка – це простір, вигороджений, як правило, капітальними стінами, в якому розташовані сходи, поверхові та міжповерхові площадки (рис. 1.3).

Сходово-ліфтовий вузол – це об'ємно-планувальний елемент будівлі, який включає сходову клітку, шахти ліфтів та обслуговуючі їх площадки.

Ліфтовий хол – це приміщення перед входом до ліфтів.

Вхід до підвалу – це елемент благоустрою підземної частини будівлі, який, зазвичай, влаштовують паралельно зовнішній стіні підвалу. Його виконують у вигляді приямку, обмеженого з трьох боків підірними стінками із цегли товщиною 380...250 мм або бетону товщиною 300 мм, а з боку стіни підвалу – стінкою товщиною 120 мм. Збірні залізобетонні східці спираються на поздовжні стінки приямку. Нижня площадка входу до підвалу складається з бетонної плити, укладеної на обрізи фундаментів стінок. Над приямком входу до підвалу передбачають піддашок (рис. 1.6).

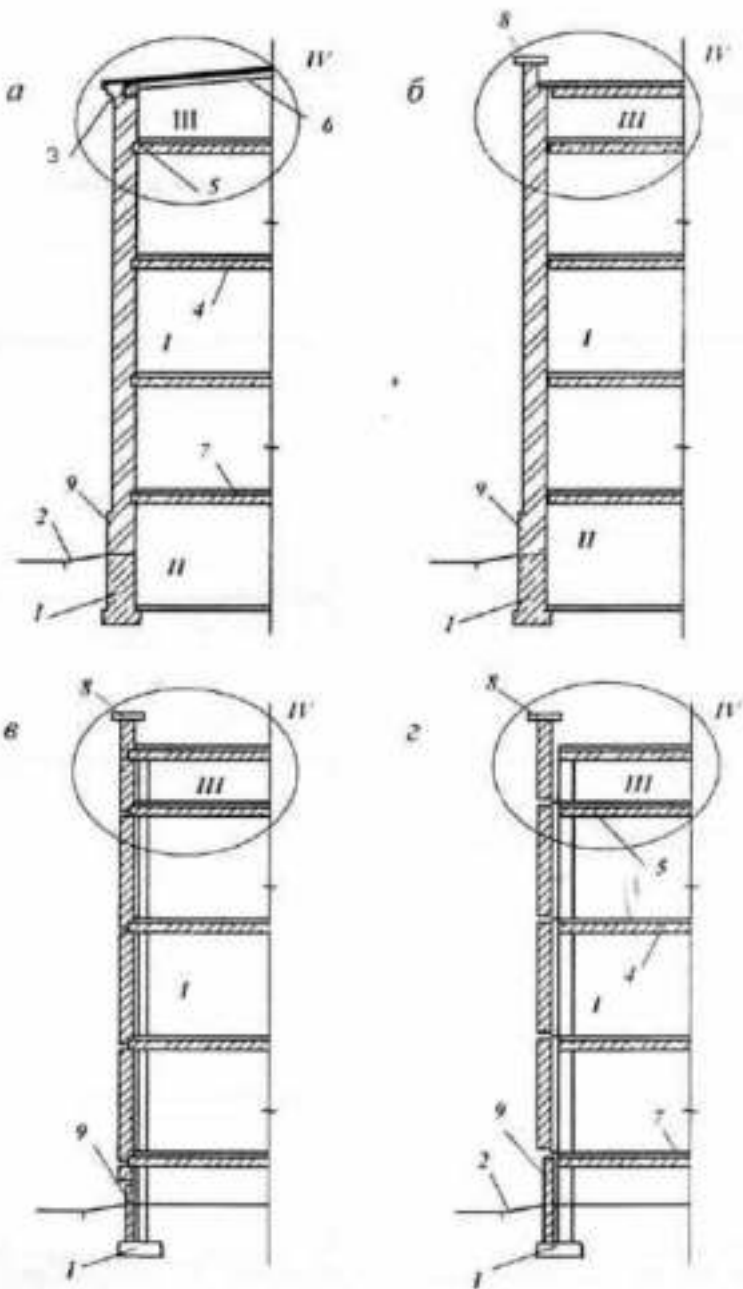


Рис. 1.4. Зовнішні стіни:

a – несуча; *б* – самонесуча; *в* – фахверкова; *г* – навісна; *I* – поверх; *II* – підвал; *III* – горіще; *IV* – покриття; *1* – фундамент; *2* – вимощення; *3* – карниз; *4* – міжповерхове перекриття; *5* – горіщине перекриття; *6* – дах покриття; *7* – перекриття над підвалом; *8* – парпет; *9* – цоколь

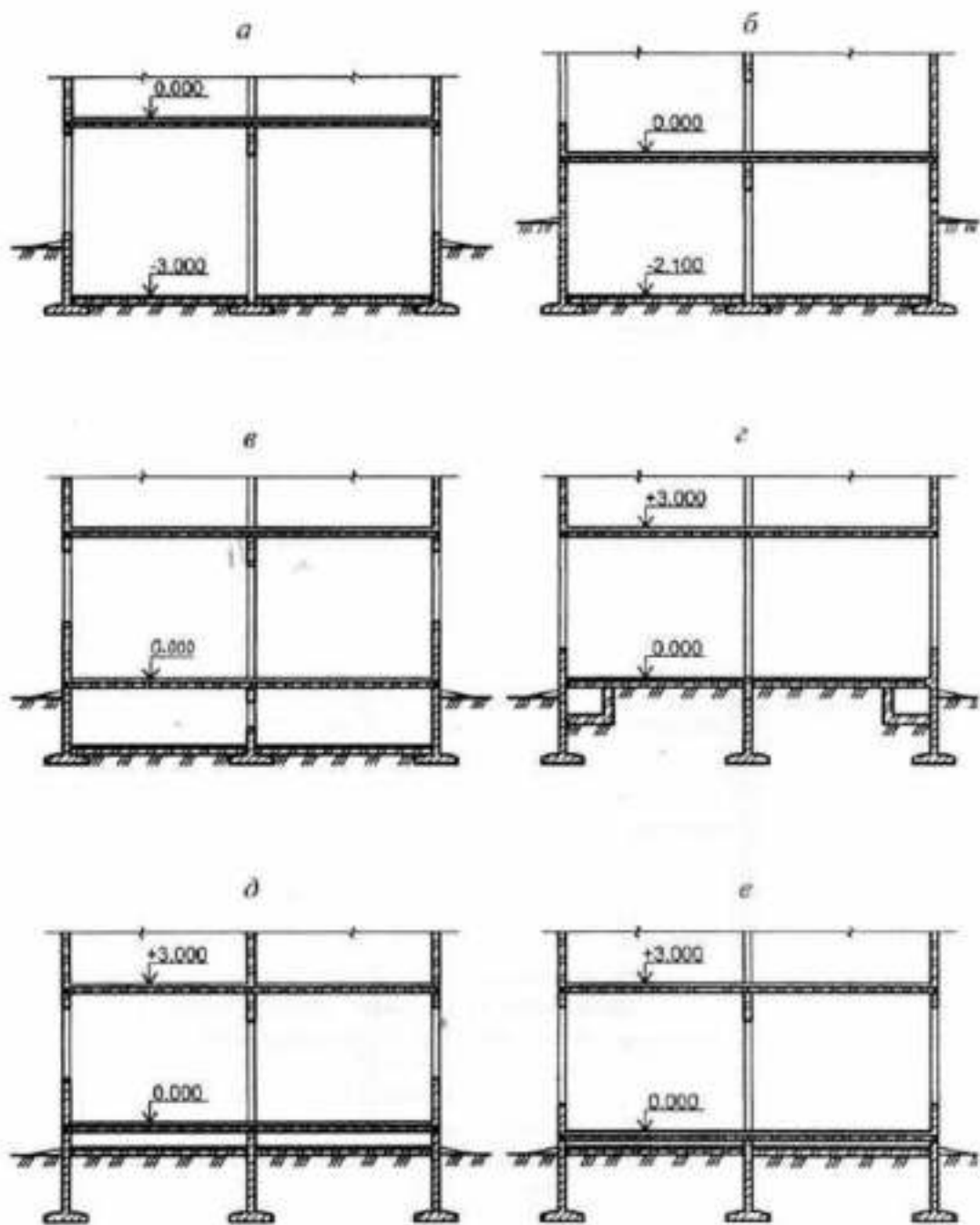


Рис. 1.5. Типи поверхів будівель:

a – покальний поверх; *б* – підвальный поверх; *в* – технічне підпілля; *з* – підвільні канали; *д* – підвільний простір; *е* – підлога по ґрунту

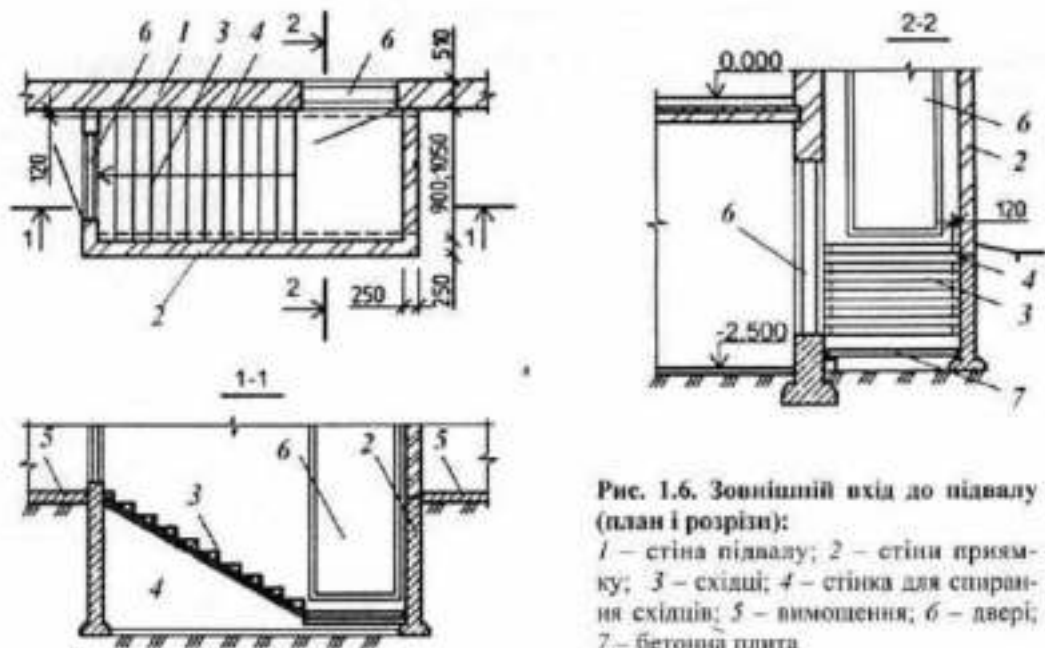


Рис. 1.6. Зовнішній вхід до підвалу (план і розрізи):
 1 – стіна підвалу; 2 – стіни прямоку; 3 – сходи; 4 – стінка для спрощення сходів; 5 – вимощення; 6 – двері; 7 – бетонна плита

Атріум — частина об'єму будівлі у вигляді багатосвітного простору, як правило розвиненого по вертикалі з галереями на поверххах, на які виходять приміщення різного призначення. Атріум, розвинутий по горизонталі у вигляді багатосвітного проходу, може називатися пасажем.

Веранда — це закрите неопаловане приміщення, прибудоване до будівлі або вбудоване у неї (рис. 1.7, а, б, в, 1.8). Для малоповерхових будівель немає обмеження за глибиною.

Тамбур — прохідний простір між дверима, призначений для захисту від проникнення холодного повітря, диму і запахів при вході до будівлі, у сходову клітку або при переході з одного приміщення в інше (рис. 1.5, е).

Тераса — обгороджена відкрита прибудова до будівлі у вигляді площадки для відпочинку, що може мати дах. Може розміщуватися на землі або над нижче розташованим поверхом (рис. 1.7, г, д).

Ярус — це горизонтальна частина будівлі або споруди, яка повторюється по вертикалі та зорозво відділена від інших подібних частин зміною розмірів, горизонтальними елементами, характером вирішення фасадів та іншими засобами. У залі для глядачів — це один із горизонтальних балконів із рядом місць, який розташований на певній висоті.

Усі ці приміщення є елементами об'ємно-планувальної структури будівлі.

Для техніко-економічної оцінки проектних рішень використовують об'ємно-планувальні показники будівель, правила підрахунку яких наведені у Додатку 1.2.

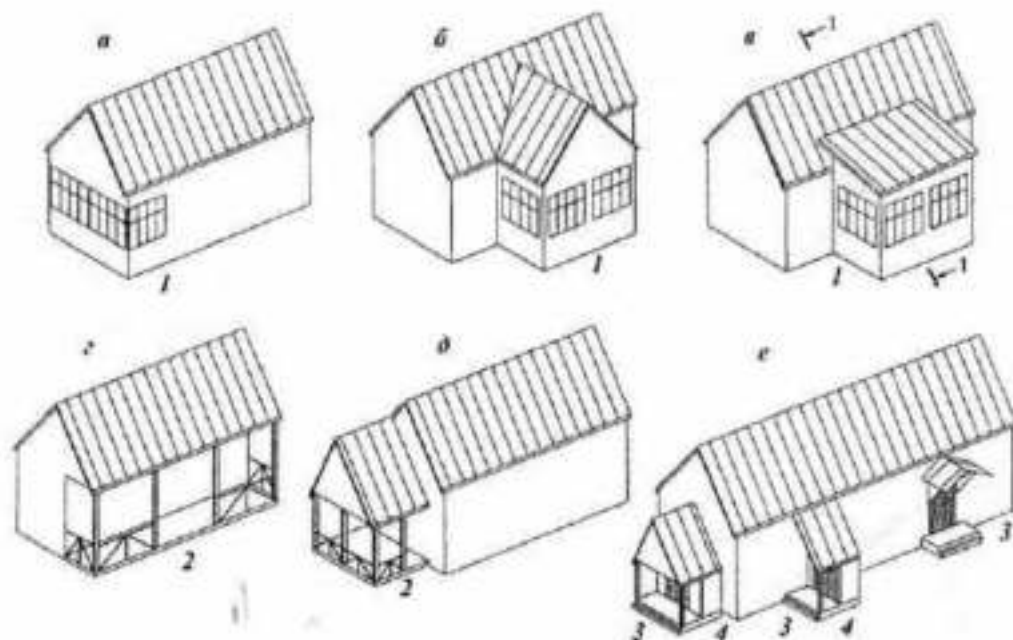


Рис. 1.7. Літні приквартирні приміщення малоповерхових житлових будинків: а, б, в – веранди; г, д – тераси; е – тамбури і ганки; 1 – веранда; 2 – тераса; 3 – ганок; 4 – тамбур

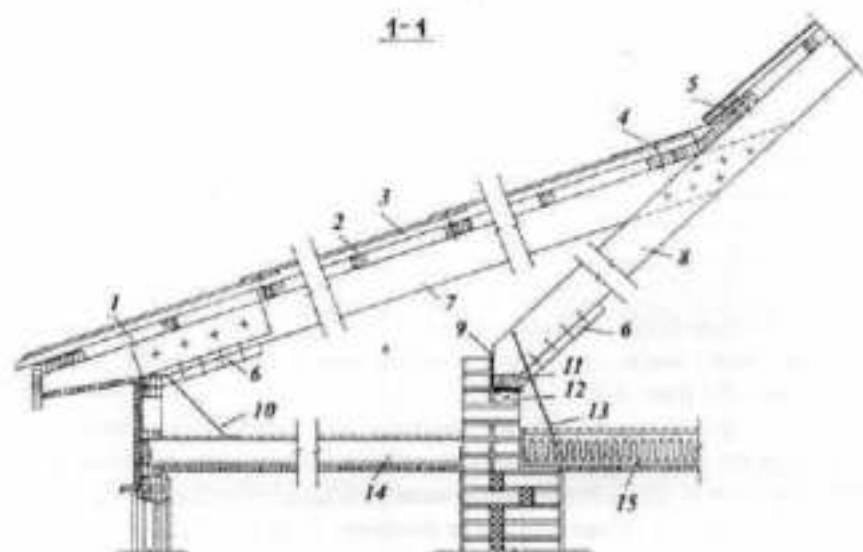


Рис. 1.8. Дах і горішнє перекриття над верандою (розріз 1-1 на рис. 1.7): 1 – кобилка; 2 – лати; 3 – хвилясті азбестоцементні листи; 4 – металевий фартух; 5 – цементний розчин; 6 – прибита дошка; 7 – кроквина даху веранди; 8 – кроквина даху будинку; 9 – плівкова гідроізоляція; 10 – металева скоба; 11 – мауерлат; 12 – дерев'яна пробка; 13 – дрітвяна скрутка; 14 – перекриття над верандою; 15 – горішнє перекриття будинку

1.2.2. Будівельні конструкції

Будівельна конструкція – це організована комбінація поєднаних між собою частин будівлі або споруди, запроєктована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість. Вона складається із *конструктивних елементів*, взаємопов'язаних у результаті виконання будівельних робіт і може виконувати несучі, огорожувальні та естетичні функції. Видом будівельної конструкції є, наприклад, каркас, рама, фундамент, підвісний міст тощо.

Конструктивний елемент – це фізично окрема частина будівельної конструкції, наприклад, стіна, колона, балка, плита, сходи.

Будівельні конструкції складають *конструктивну систему* будівлі, її несучий остов (кістяк), а їх складові називають конструктивними елементами будівлі.

Конструктивна система – це несучі елементи будівлі або споруди та спосіб, яким дані елементи функціонують разом.

Таким чином, будівля або споруда складається із взаємозв'язаних будівельних конструкцій або конструктивних елементів: фундаментів, стін, колон, ригелів, перекриттів, покриттів, перегородок, сходів, ліфтів, вікон, вітрил, вітражів та інших елементів, кожний з яких має своє призначення. Основні конструктивні елементи багатопверхових будівель наведені на рис. 1.1...1.3.

За призначенням усі будівельні конструкції, залежно від умов їх роботи у структурі будівлі, при дії на них різних видів навантажень, впливів та їх сполучень, поділяють на *несучі* та *огорожувальні* або такі, що можуть виконувати ці дві функції одночасно – *сполучені*.

Призначення *несучих будівельних конструкцій* – витримувати всі види навантажень і впливів силового характеру та передавати їх через фундаменти на ґрунтові основи. Несучими будівельними конструкціями є фундаменти, рами, арки, склепіння, оболонки. Призначення *огорожувальних будівельних конструкцій* – ізолювати внутрішній простір будівлі від зовнішнього середовища, розділити цей простір на окремі приміщення і захистити їх від усіх видів впливів несилового характеру. Огорожувальними конструкціями є перегородки, вікна, двері, покрівля. *Сполучені будівельні конструкції* виконують одночасно функції несучих і огорожувальних, наприклад, стіни, перекриття, деякі види покриттів тощо.

За відповідальністю усі будівельні конструкції поділяють на *відповідальні*, руйнування яких призводить до руйнування або загрози руйнування будівлі в цілому, та *невідповідальні*. Для визначення ступеню відповідальності конструкцій або будівель у цілому вводиться поняття коефіцієнта надійності за відповідальністю γ_m , який враховує значущість конструкції або будівлі, а також можливі наслідки їх відмови.

Сукупність вертикальних і горизонтальних (а іноді нахилених і просторових) несучих конструктивних елементів, зв'язаних у єдину систему утворюють *несучий остов будівлі*, який забезпечує її міцність, жорсткість і стійкість. *Несучий остов будівлі* повинен протягом тривалого часу забезпечувати сприйняття, розподіл і передачу на ґрунтові основи всіх видів навантажень, які виникають у процесі експлуатації будівлі, без руйнування та наднормативних деформацій.

Фундамент – це будівельна конструкція, переважно підземна, яка сприймає всі навантаження від будівлі чи споруди і передає їх на основи, складені природними або штучними ґрунтами (рис. 1.9).

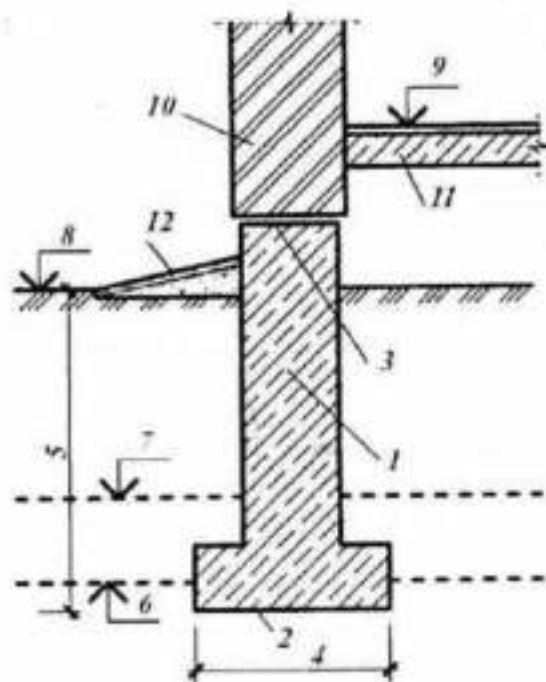


Рис. 1.9. Стрічковий фундамент під зовнішню цегляну стіну:

1 – фундамент; 2 – підлога; 3 – верхній обріз; 4 – ширина підлоги; 5 – глибина закладання; 6 – відмітка глибини промерзання ґрунту; 7 – відмітка рівня ґрунтових вод; 8 – планувальна відмітка землі; 9 – відмітка підлоги першого поверху; 10 – зовнішня стіна; 11 – перекриття; 12 – вимощення

Колона (стійка, стовп, стовп) – вертикальний лінійний конструктивний елемент, який працює на стиск. При недостатній стійкості в колонах можуть виникати деформації поздовжнього згину.

Балка – горизонтальний або нахилений лінійний елемент, який працює на згин з утворенням деформації прогину. У технічній літературі балки називають ригелями або прогонами.

Ферма – плоска, геометрично незмінна несуча ґратчаста конструкція для покриттів або перекриттів будівель із великими прогонами. За характером конструктивно-статичної роботи (напрямом реакцій, що виникають від навантажень), ферми поділяють на: безрозпірні – розрізні (однопрогонові), нерозрізні (багатопогонові) та консольні (рис. 1.10, а, б, в); розпірні – рами, арочні, висячі (рис. 1.10, г, д, е).

Нитка (трос, вант, затяжка) – лінійний конструктивний елемент, який працює на зусилля розтягу (рис. 1.10, е).

Рама – це будівельна конструкція у вигляді плоского або просторового елемента, що утворюється з монолітно з'єднаних прямолінійних стовпів і ригелів, в яких можуть виникати, у залежності від виду навантажень, зусилля стиску, розтягу, згину (рис. 1.10, з).

Арка – будівельна конструкція у вигляді кривого бруса плавного окреслення, яка працює головним чином на стиск, а у місцях спирання передає на опори не тільки вертикальні, а і горизонтальні зусилля (розпір) (рис. 1.10, д).

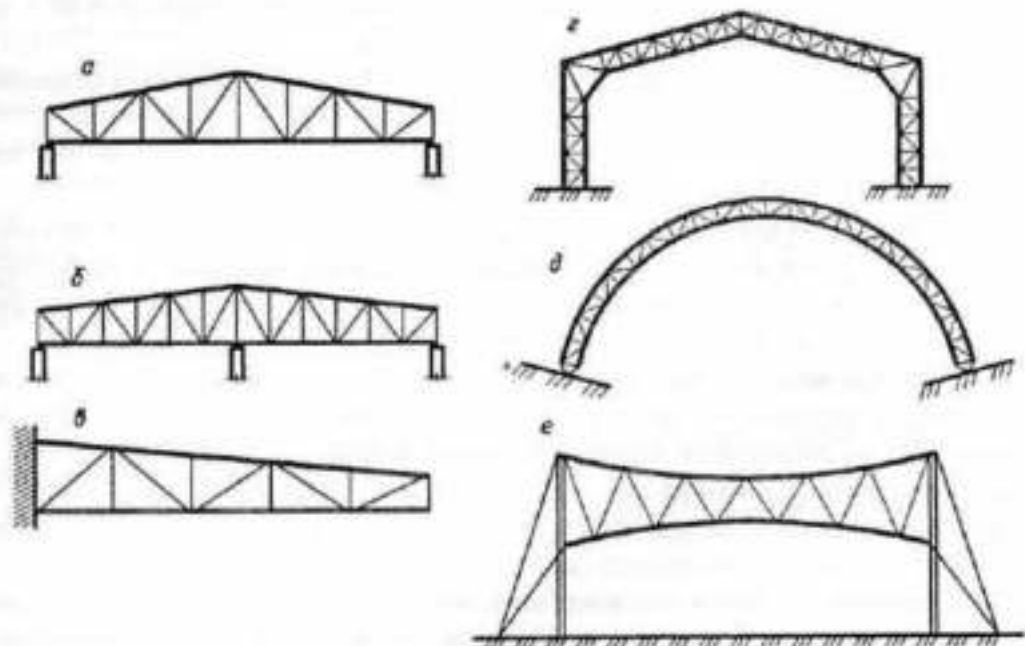


Рис. 1.10. Конструкції покриттів будівель:

а – розрізна (однопрогонова) ферма; б – нерозрізна (двопрогонова) ферма; в – консольна ферма; г – рама; д – арка; е – вантова ферма

Стіна – це вертикальна або нахилена під кутом будівельна конструкція, що працює переважно на тиск. За розташуванням у плані стіна може бути зовнішньою і внутрішньою, а за статичною функцією розподілу навантажень – несучою, само-несучою і ненесучою (фахверковою або навісною). **Несуча стіна** сприймає вертикальні та горизонтальні навантаження від власної ваги, вітру, конструкцій покриття, перекриттів, сходів і передає їх на фундамент (рис. 1.4, а). **Самонесуча стіна** сприймає навантаження тільки від власної ваги всіх вище розташованих поверхів будівлі та вітру і передає їх на власний фундамент (рис. 1.4, б). **Ненесуча фахверкова стіна** сприймає навантаження від власної ваги та вітру в межах одного поверху і передає їх на горизонтальні несучі конструкції будівель – ригелі каркаса або плити перекриттів (рис. 1.4, в). **Ненесуча навісна стіна** сприймає навантаження від власної ваги та вітру в межах одного або частини поверху та передає їх на вертикальні несучі конструкції будівель (колони або ригелі каркаса, внутрішні стіни, плити перекриттів, об'ємні блоки) у місцях кріплень (рис. 1.4, г).

Підпiрна стiнка – це вертикальна будівельна конструкція інженерної споруди, яку влаштовують для запобігання обвалення ґрунту, що розміщується за нею.

Контрфорс – це вертикальна допоміжна підпiрна конструкція (виступ стiни, поперечна стiна або стовп), призначена для підсилення основних конструкцій та сприйняття горизонтальних сил (розпору від склепiнь, тиску ґрунту на підпiрні стiни, гідростатичного тиску на основні гребель тощо).

Плита – площинний конструктивний елемент, який працює на згин, і має характер розподілу внутрішніх зусиль подібний до балок.

Скеління – криволінійна плита із кривиною в одному напрямі та спирається на стіни або стрічковий фундамент, яка працює на стиск, утворюючи розпір.

Оболонка – просторова конструкція, яка має кривину в одному або двох напрямках.

Каркас – стрижневий остов будівлі, що складається з вертикальних конструкцій у вигляді колон або коротких стін, горизонтальних конструкцій у вигляді ригелів, плит перекриттів і зв'язків, які сприймають зовнішні навантаження та передають їх на фундаменти колон (рис. 1.2).

Перекрыття – площинна горизонтальна або нахилена конструкція, що розділяє за висотою внутрішній об'єм будівлі на поверхні. У залежності від розташування розрізняють перекрыття: *міжповерхові*, що розділяють суміжні за висотою поверхні; *горищні*, що відділяють приміщення верхнього поверху від горища; *надпідвальні*, що відділяють приміщення першого поверху від цокольного поверху, підвалу або напівпідвалу (рис. 1.4).

Покриття – верхня зовнішня будівельна конструкція, яка складається з даху та горищного перекрыття, і призначена для виділення будівлі та приміщень у просторі, відведення дощових вод, захисту від сонячного перегрівання і сприймання снігових навантажень (рис. 1.4). Покриття можуть бути плоскими (горизонтальними та нахиленими), багатограничними або криволінійними.

Дах – вид покриття, розташований над горищним перекрыттям у вигляді однієї або кількох похилих площин. Разом із перекрыттям дах утворює замкнений простір – горище. Дах складається з системи несучих стрижневих або площинних дерев'яних, металевих або залізобетонних несучих елементів (крокв, прогонів, стояків, підкосів тощо) та покриття (металевої, черепичної, гонтової тощо) (рис. 1.1...1.4).

Покрівля – це верхній конструктивний елемент покриття або даху, який безпосередньо ізолює будівлю від атмосферних впливів (сонця, опадів, вітру).

Перегородка – внутрішній вертикальний огорожувальний конструктивний елемент, призначений для розділення суміжних приміщень. Перегородки можуть спиратися на міжповерхові перекрыття або на несучий шар чи лаги підлоги перших поверхів (рис. 1.3).

Сходи – нахилені конструктивні елементи складчастого перерізу, призначені для пересування людей між приміщеннями, розташованими на різних рівнях. Для захисту від вогню та задимлення сходи, як правило, ізолюють від інших приміщень вогнестійкими вертикальними стінами. Простір вигорожений такими стінами із розташованими в ньому сходами, поверховими та міжповерховими площадками називають *сходовою кліткою*. Об'ємно-планувальний елемент будівлі, який включає сходову клітку, шахти ліфтів та обслуговуючі їх площадки, називають *сходово-ліфтовим вузлом* (рис. 1.3).

Пандус – похила площина (ухил до 13... 14°) для переміщення людей і транспорту між різними рівнями, що може замінювати сходи. Влаштується, як всередині споруди так і для зв'язку між окремими містобудівними компонентами. У плані може мати форму криволінійної гвинтової площадки або декількох похилих плоских площадок.

Ліфт – стаціонарний підйомник із кабіною або платформою, що рухається по жорстких напрямних. У сучасних будівлях та спорудах експлуатують, як правило, ліфти з електричною тягою періодичної дії, у яких закрита кабіна переміщається в закритій шахті (рис. 1.3), а відкривання дверей синхронізовано із зупинками на певних рівнях (поверхах).

1.2.3. Архітектурно-конструктивні елементи

Серед будівельних конструкцій виділяють елементи, які у значній мірі визначають естетичні якості архітектурних форм будівлі.

Архітектурно-конструктивний елемент – це частина будівельної конструкції або об'ємно-планувального елемента будівлі, що виконує визначені функціональні та естетичні функції. Переважно це частини стін або покриттів будівлі. До архітектурно-конструктивних елементів будівлі відносяться: балкони, лоджії, еркери, цоколі, консольні звиси, паралети, карнизи, фронтони, пілястри, наличники, сандрики, перемички, козирки, а також вікна, вітражі, ліхтарі, люкарни та інші елементи. Зовнішні поверхні перелічених частин та елементів можуть прикрашатися готичними, барочними, класичними або модерновими профілями.

Балкон – це огорожена площадка, що виступає із площини зовнішньої стіни будівлі, яка сполучається з внутрішніми приміщеннями і служить для відпочинку в теплу пору року. Конструктивно вирішується, як правило, у вигляді консольної плити, винос якої залежить від проектного задуму та кліматичних умов району будівництва. Огорожа балкона може бути суцільною, ґратчастою або комбінованою (рис. 1.11).

Лоджія – це частина об'єму будівлі, приміщення, що перекрите та обгороджене у плані з трьох боків стінами або перегородками, а з четвертого відкрите до зовнішнього простору або засклеєне (рис. 1.12). Служить для відпочинку в теплу пору року і захисту від сонячного перегрівання приміщень, особливо, коли вони зорієнтовані на захід. Засклеєна лоджія не є верандою.

Еркер – це частина приміщення, яка виступає за лицьову поверхню фасадної стіни будівлі, та у більшій своїй частині являє собою засклеєний об'єм на фасаді. Проектується для покращення: візуально-просторового зв'язку квартири з природним оточенням, природної освітленості, інсоляції примикаючого приміщення та часткового збільшення його площі (рис. 1.13).

Козирок – навіс у вигляді консольної плити над воротами, дверима або вікнами.

Цоколь – це нижня частина зовнішньої стіни від рівня землі (вимощення) до рівня підлоги першого поверху приміщення (рис. 1.3, 1.14). Потребує надійного облицювання для захисту стіни від зволоження.

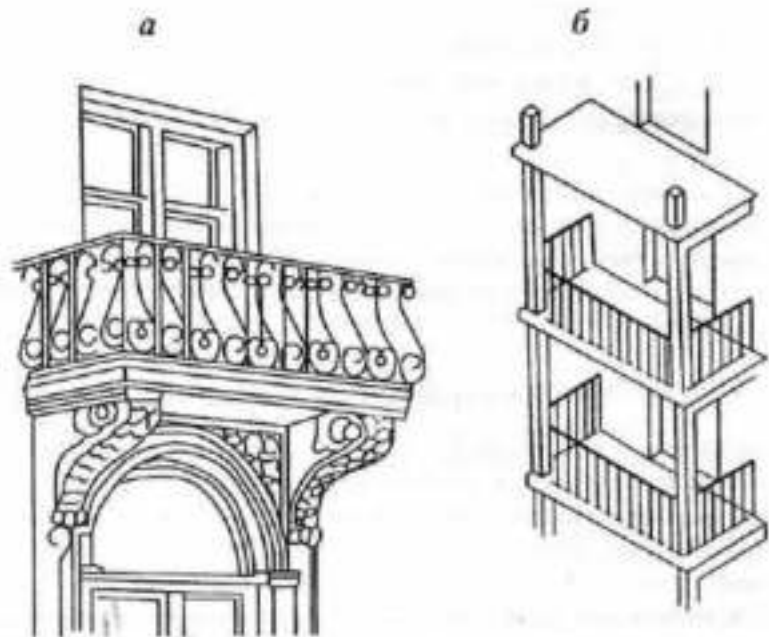


Рис. 1.11. Балкон:
a – на консолях; *б* – на колонах

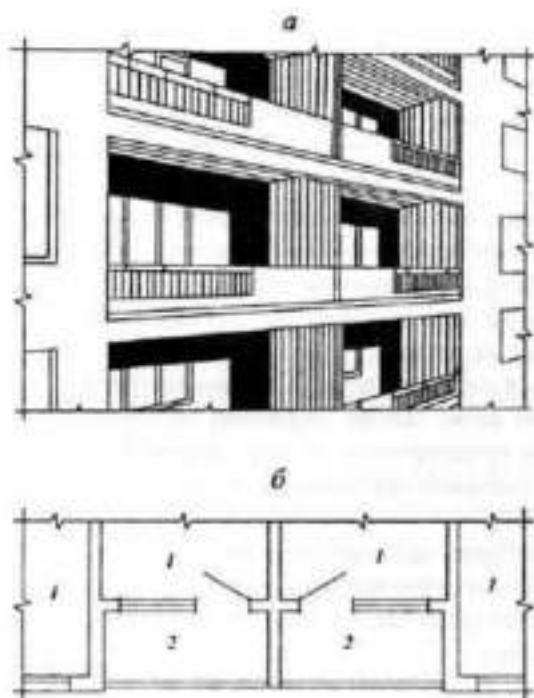


Рис. 1.12. Лоджії:
a – вигляд із фасаду; *б* – схема плану; 1 – кімната; 2 – лоджія

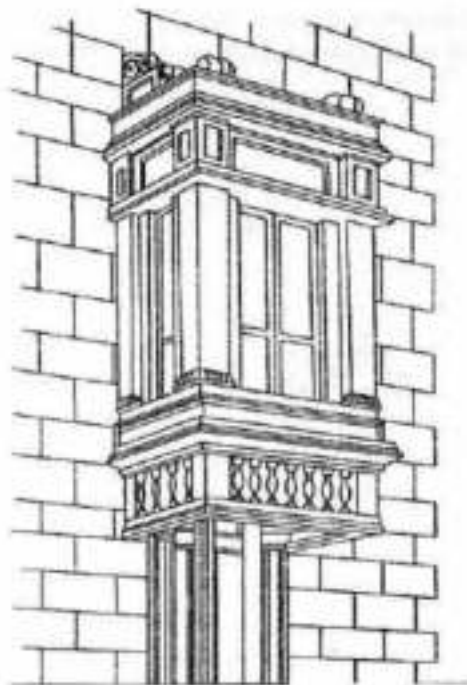


Рис. 1.13. Загальний вигляд еркера з балконом над ним

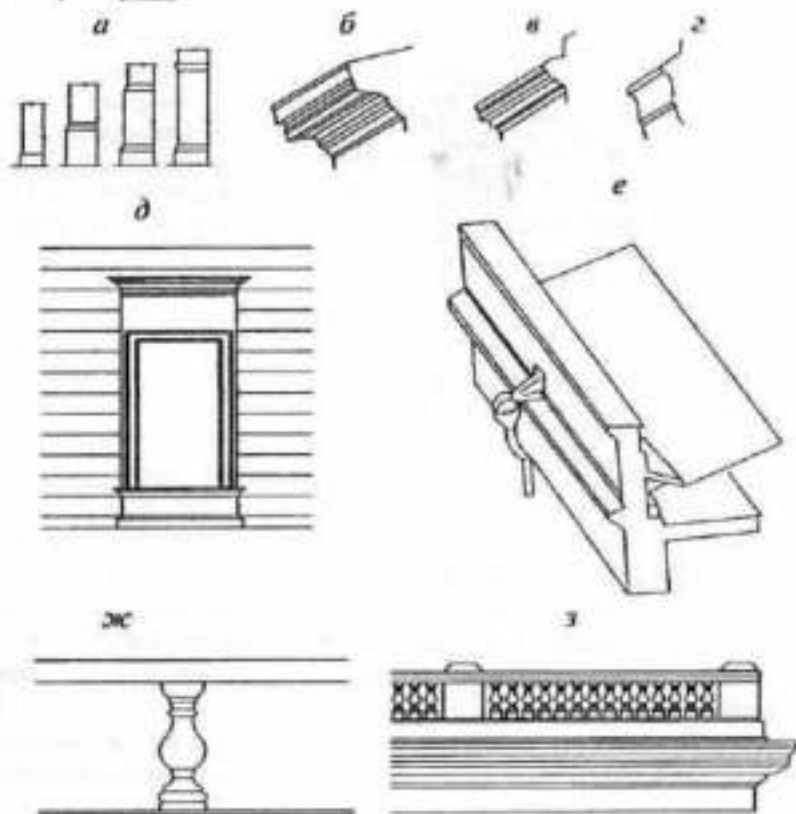


Рис. 1.14. Архі-
тектурно-конст-
руктивні деталі
стіл:

а – схеми цоколів;
б – вищевий кар-
низ; в – проміж-
ний карниз; г – по-
ясок; д – сандрик;
е – паранет; ж – ба-
лясина; з – паранет-
балюстрада

Карниз – це горизонтальний профільований виступ на стіні, який захищає її від стікання атмосферних опадів або завершує площинні ділянки фасаду: вінцевий, цокольний, поярусний, підвіконний, надвіконний тощо (рис. 1.14, б, в, з). Вінцевий карниз облаштовує зовні покрівлі (рис. 1.15).

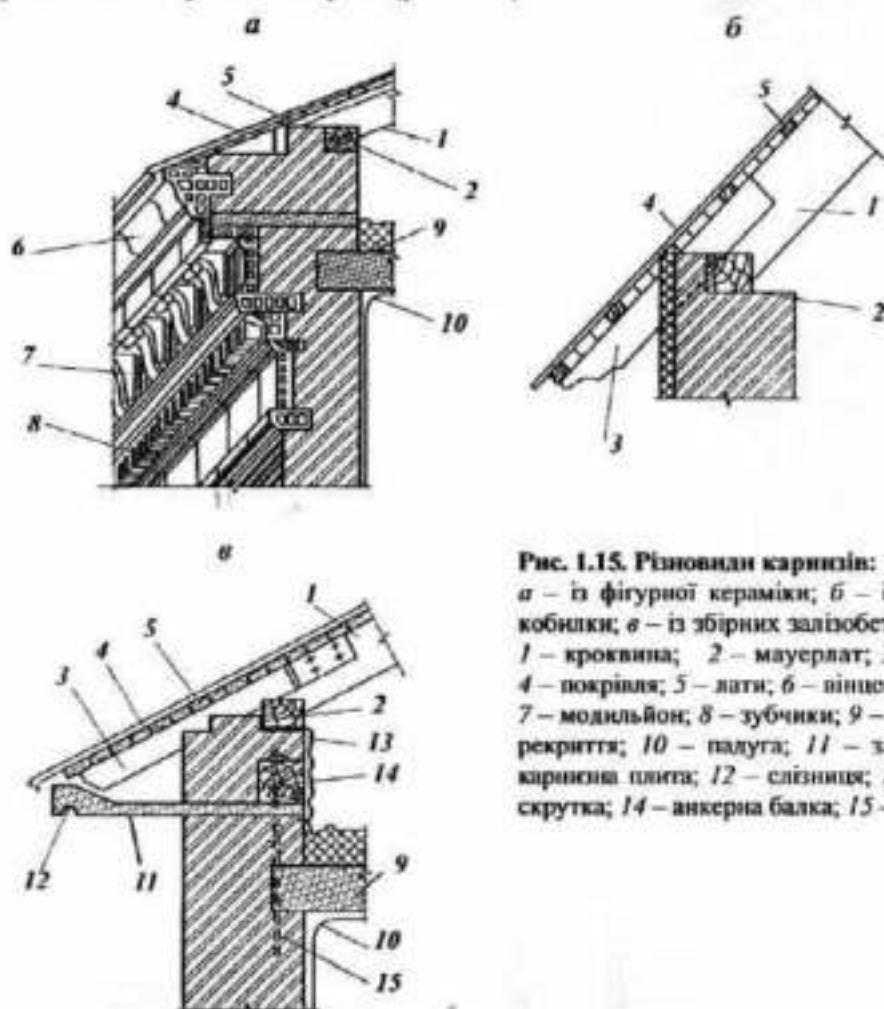


Рис. 1.15. Різновиди карнизів:

а – із фігурної кераміки; *б* – із звисанням кобилки; *в* – із збірних залізобетонних плит; 1 – кроквина; 2 – мауэрлат; 3 – кобилка; 4 – покрівля; 5 – лати; 6 – вінцевий елемент; 7 – модильйон; 8 – зубчики; 9 – горіщне покриття; 10 – палуга; 11 – залізобетонна карнизна плита; 12 – слізняк; 13 – дратяна скрутка; 14 – анкерна балка; 15 – анкер

Сандрик – це архітектурне оздоблення стіни будівлі над віконним або дверним прорізом у вигляді карнизу або фронтону (рис. 1.14, д, 1.16). Сандрик може спиратися на декоративні кронштейни або пілястри, розташовані по боках прорізу.

Парапет – це завершальна частина зовнішньої стіни вище рівня покрівлі, виконана у вигляді невисокої суцільної огорожі по краю покриття або даху (рис. 1.4, е).

Балюстрада – невисока огорожа балконів, галерей, дахів, сходів тощо у вигляді ряду фігурних стовпчиків (балюсин), з'єднаних зверху плиткою, балкою, поручням (рис. 1.14, ж, з).

Консольний об'ємний виступ – це частина об'єму будівлі на висоту одного або декількох поверхів, який виступає за площину зовнішньої стіни.

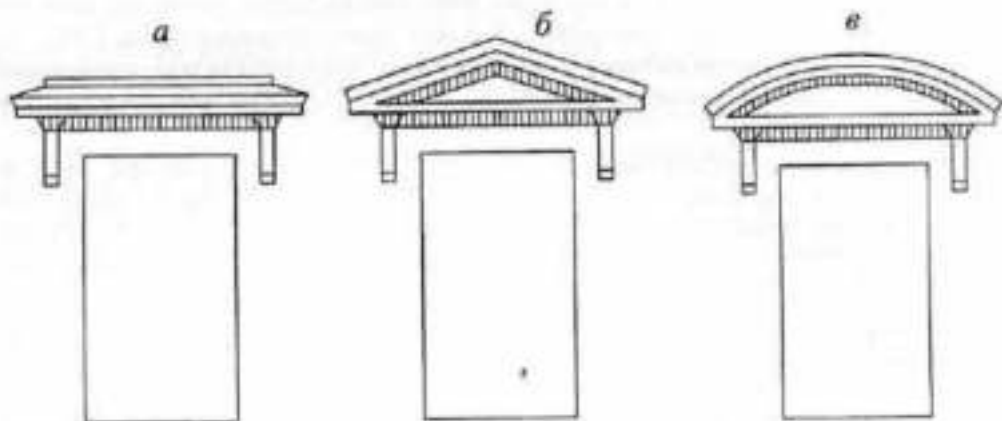


Рис. 1.16. Саандрики у вигляді:
a – карниза; *б* – трикутного фронтону;
в – дугакового фронтону

Пілястра – це плоский вертикальний, прямокутний у плані виступ із стіни, який влаштовують для підсилення, утеплення або членування стіни чи обрамлення прорізів тощо (рис. 1.17).

Перемичка – це архітектурно-конструктивний елемент, який перекриває віконний, дверний або інший проріз стіни і сприймає навантаження від частини стіни, перекриттів, покриттів та інших конструкцій, що спираються на стіну. Форма перемички у залежності від матеріалу,



Рис. 1.17. Фрагмент фасаду палаццо Ручеллаї (арх. Леона Альберті, Флоренція (1460 р.):

1 – цоколь; 2 – цокольний пояс;
 3 – міжверховий пояс у вигляді антаблемента; 4 – кутова пілястра;
 5 – проміжна пілястра; 6 – карниз;
 7 – облямівання східного порталу;
 8 – облямівання вікна; 9 – дронча перемичка

конструкції стіни і композиції фасаду може мати вигляд бабки, плити або арки різного окреслення (півкруглої, стрілкової, лучкової, підковоподібної) (рис. 1.17).

Пояс – декоративний елемент у вигляді горизонтальної гладкої, профільованої, орнаментованої виступаючої смуги, що оперізує будівлю або його частину (рис. 1.17).

Антаблемент – верхня частина класичного архітектурного ордера, яка спирається на колони або пілястри стін. Складається з **архітрава**, що безпосередньо перекриває прогін, **фриза** – стіни, на яку спираються перекриття, і виступаючого **карниза**. В архітектурі Стародавнього Риму його почали використовувати з декоративною метою для членування фасадів будівель (рис. 1.17).

Фронтон – це завершення на фасадній стороні будівлі, портика або колонади, яке являє собою трикутну, сегментну або іншу площинну форму, обмежену зверху скілами даху, а біля основи може бути обмежений карнизом (рис. 1.18).

Тимпан – внутрішнє поле фронтона, яке відповідає його обрисам і облямоване карнизом, а також ніша півциркульного, трикутного або іншого обрису над дверима чи вікном. Тимпан може бути гладким або прикрашеним ліпниною, різьбленням, скульптурою, живописом (рис. 1.18).

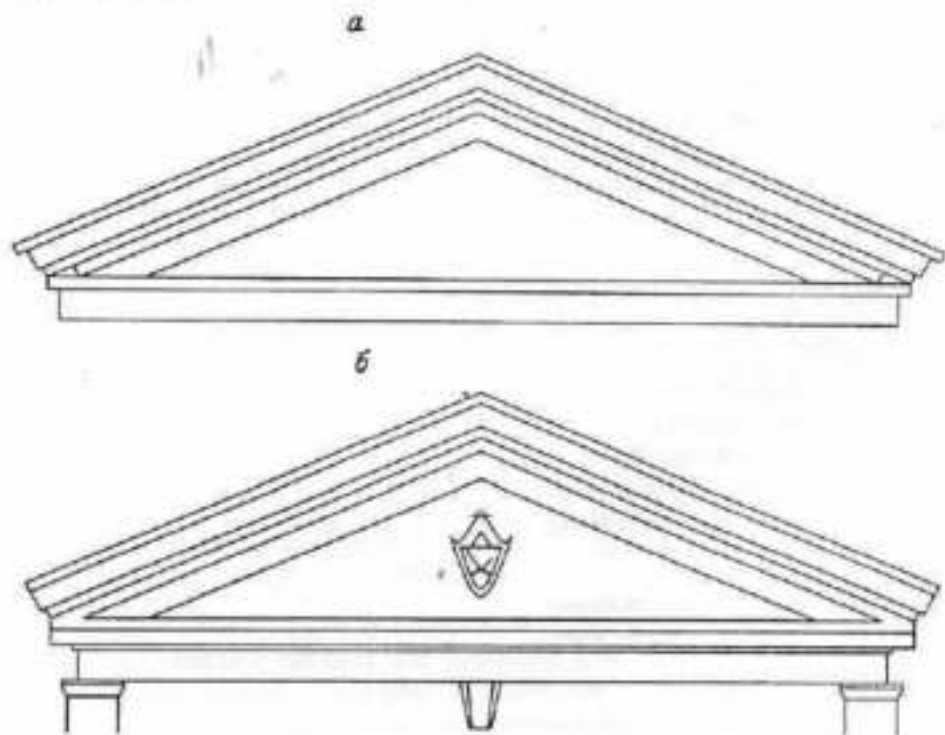


Рис. 1.18. Фронтони:

a – із гладким тимпаном; *б* – із тимпаном, який прикрашений медальйоном (декоративним елементом)

Ризаліт – це частина будівлі, яка виступає за основну площину зовнішньої стіни. Ризаліти використовують для збагачення пластичної виразності фасадів та загальної композиції будівель.

Шпиль – це вертикальне гострокінцеве завершення будівель у вигляді витягнутого конуса або піраміди з декоративною верхівкою, флюгером, прапором, емблемою, скульптурним твором.

Вікно – проріз у зовнішній стіні будівлі, заповнений віконним блоком, який складається з віконної коробки і зашкленених віконних рам. Призначене для: зв'язку із зовнішнім середовищем, освітлення, інсоляції та вентиляції приміщень.

Вітраж – суцільне зашклення фасаду або його частини, застосовується у вигляді світлопрозорого огороження будівлі, яке монтується на металевому каркасі.

Склопакет – світлопрозора конструкція, яка складається з двох або більше паралельно розташованих стекол, які герметично з'єднані між собою по контуру, утворюючи одну чи більше ізолюваних від зовнішнього повітря камер, які заповнені осушеним повітрям або інертним газом.

Ліхтар – зашклений світловий проріз у покритті будівлі. Найчастіше – це надбудова над покрівлею будівлі, призначена для природного освітлення та природної вентиляції (асрації) приміщень. За формою поперечного перерізу ліхтарі можуть бути трикутні, прямокутні, зубчасті (шедові), трапецієподібні та інші. Прорізи світлових ліхтарів заповнюють глухими або такими, що відчиняються, зашкленими рамами, для чого в асраційних ліхтарях виконують глухі або регульовані жалюзі чи стулки. Zenітні ліхтарі – це світлопрозорі ковпаки або ілюмінатори, закріплені до конструкцій покриття, які розміщують по одному, групами чи рядами над окремими приміщеннями або ділянками в покритті будівлі.

Люкарня – це світловий проріз круглої або овальної форми на горіщі, в купольному чи склепінчастому покритті, або в мансардному поверсі з вертикальним огороженням, яке пропускає світло. Часто люкарні із зовнішнього боку прикрашають ліпним оздобленням, обрамленням, профільованими наличниками тощо (рис. 1.19).

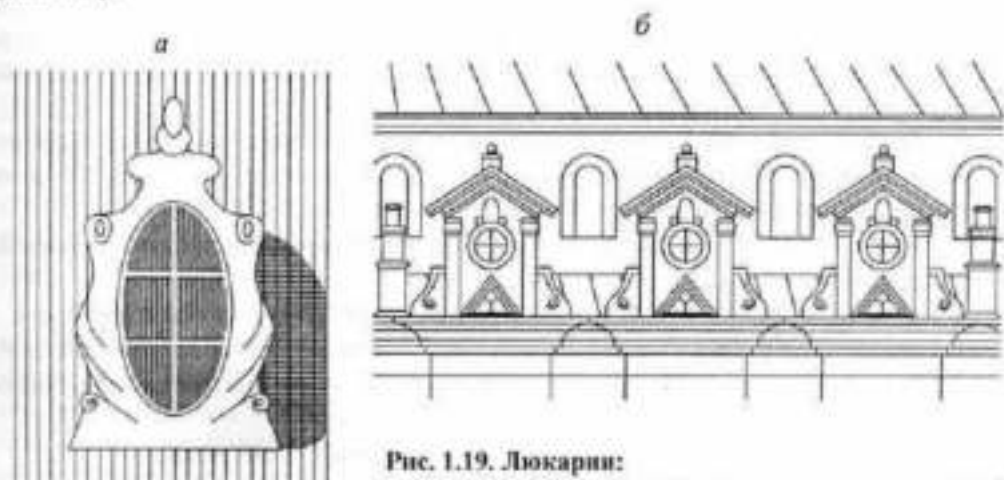


Рис. 1.19. Люкарні:
а – в купольному покритті; б – у мансардному поверсі

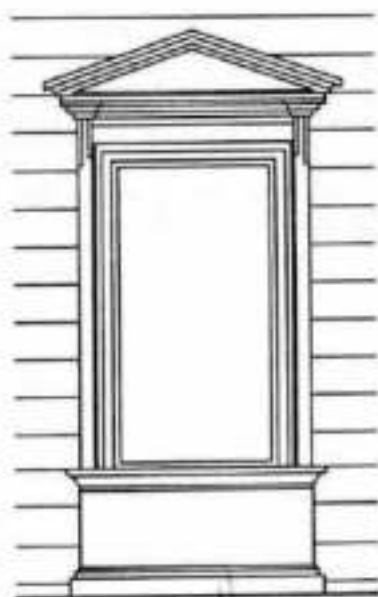


Рис. 1.20. Віконний наличник

Двері – прорізи у стінах або перегородках будівлі, заповнені дверними блоками, що складаються з дверних коробок, до яких на завісах кріплять дверні полотна. Призначені для проходу у суміжні приміщення або у зовнішній простір (рис. 1.3).

Ворота – широкий проріз у стіні або огорожі, заповнений металевою, залізобетонною або дерев'яною рамою, що складається із стояків і ригеля, до якої кріплять рухомі полотна воріт. За способом відчинення розрізняють ворота двійчасті (одно- або двостулкові), обертальні, розсувні та підйомні. Призначені для проїзду транспорту та з'єднання внутрішнього замкненого простору будівлі із зовнішнім.

Наличник, листва – декоративне обрамлення віконного або дверного прорізу, призначене для закривання щілини між дверною коробкою і стіною (рис. 1.20). Наличник складається із двох вертикальних тяг у вигляді пілястр, напівколонок тощо, які можуть увінчуватися вгорі карнизом, фронтоном, кокошником. Вікна внизу оформлюються фільонкою або профілем.

1.2.4. Будівельні вироби

Будівельні конструкції складаються з більш дрібних конструктивних елементів, які привозять на будівельний об'єкт у готовому вигляді або мурують на будівельному майданчику із традиційних будівельних виробів без використання підйомно-транспортного обладнання.

Будівельний виріб – це первинний складовий елемент (частина, деталь) будівельної конструкції, який виготовляють поза місцем його використання, як правило, на підприємствах будівельної індустрії.

Будівельні конструкції, які складаються з тих або інших будівельних виробів:

- фундаменти – із фундаментних плит, цегли, бутового каменю, стінових блоків, цокольних панелей, паль, ростверків паль;
- стіни – із цегли, природних або штучних каменів, стінових блоків, панелей, дерев'яних брусів і колод;
- каркаси – із колон (стояків), балок (ригелів) або плит, зв'язків жорсткості;
- перекриття – із балок, прогонів, міжбалкових вкладишів, плитного настилу;
- покриття – із балок, ферм, рам, арок, перехресно-ребристих систем, оболонки, висячих конструкцій, плит, покрівельних матеріалів;
- похилі дахи – із стійково-кроквяних систем, ферм, плит, покрівлі;

- сходи – із сходищів, косоурів, підкосоурних балок, маршів, плит поверхових і міжповерхових площадок;

- вікна – із віконних коробок, зашкленних віконних рам.

Таким чином, суть кожної будівельної конструкції визначається: призначенням, видом будівельних матеріалів і виробів для її зведення, розміщенням виробів у конструкції та способами їх з'єднання.

До складу будівель входять також *санітарно-технічні, інженерні пристрої та обладнання*, які включають: труби і пристрої опалення, вентиляції, водо-, газо-, тепло- та електропостачання, обладнання зі сміттєвидалення тощо. Для розміщення систем вентиляції та кондиціонування повітря, обладнання для трансляції радіо і телебачення, прокладання інженерних комунікацій в будівлях влаштовують технічні поверхи, використовують підвальні приміщення та горизонтальний простір, а в інженерних спорудах – галереї та підземні тунелі, площадки і багатоярусні етажерки, на стадіонах – простір під трибунами.

1.3. Основні вимоги до будівель та їх елементів

Будь-яка будівля або інженерна споруда повинна відповідати вимогам: *функціональної доцільності, надійності та конструктивної безпеки, пожежної безпеки, архітектурно-художньої виразності, економічності будівництва та експлуатації, збереження енергії, екологічним і санітарно-гігієнічним.*

Окремі задачі, обумовлені цими вимогами, не можуть вирішуватися самостійно у відриві одна від другої. Тому проект будівлі повинен бути результатом узгодженого та взаємозв'язаного рішення усіх позначених вище вимог.

1.3.1. Функціональні вимоги

Вимоги функціональної доцільності до будівель – це максимальна відповідність їх приміщень тим функціональним процесам, для яких вони призначені. Будь-яка будівля є штучно створеним середовищем перебування людей, які здійснюють в ньому різноманітні життєві процеси, а саме побут, працю, відпочинок. Функціональні вимоги до будівель полягають у створенні в них відповідних експлуатаційних якостей для побуту або праці людей, їх навчання, відпочинку, лікування та інших процесів, для яких будівля призначена.

Функціональні процеси, що здійснюються в приміщеннях будівель, поділяють на *основні та підсобні*. Наприклад, навчальні заняття в аудиторіях є основною функцією цих приміщень, а пересування студентів при їх заповненні по коридорам, холам, сходовим кліткам – підсобною функцією.

Приміщення – це основний структурний елемент або частина будь-якої будівлі. Відповідність приміщення функціональному процесу досягається лише тоді, коли в ньому створюються відповідно до нормативних умови для виконання людиною певного функціонального процесу.

Експлуатаційна якість штучного середовища будівлі та її приміщень залежить від наступних факторів:

- **організації внутрішнього простору будівлі**, яка передбачає: вибір об'ємно-планувальних параметрів будівлі та розмірів приміщень; визначення кількості різних приміщень та їх груп; взаємне і функціональне зонування приміщень із забезпеченням горизонтальними та вертикальними комунікаціями; розміщення технологічного обладнання та доцільну організацію робочих місць і створення зручних умов праці; урахування умов і психологічних закономірностей естетичного впливу внутрішнього простору на людину;

- **стану повітряного середовища** (мікроклімату) – запасу повітря для дихання з оптимальними параметрами температури, вологості та швидкості його руху, який відповідає нормальному тепло- і вологообміну організму людини для здійснення даної функції. Стан повітряного середовища характеризується також ступенем чистоти повітря, тобто кількістю шкідливих для людини або виконання технологічного процесу домішок (газу, пилу);

- **світлового режиму** – умов роботи органів зору людини, які відповідають функціональному призначенню приміщення та визначаються ступенем їх освітленості. Створення оптимального світлового режиму в приміщеннях передбачає: вибір системи освітлення – природного (бокового, верхнього, комбінованого), суміщеного (природного із штучним) або штучного; забезпечення нормованих значень освітленості приміщень у залежності від їх призначення та характеру зорової роботи; забезпечення потрібного спектрального складу джерел світла, який впливає на зорове сприйняття кольору. Кольорові характеристики середовища впливають не тільки на органи зору, але і на нервову систему людини. Задачі створення оптимального світлового режиму в приміщеннях вирішуються: призначенням оптимальних розмірів світлових прорізів (вікон, вітражів, ліхтарів), їх орієнтацією за сторонами світу, технічними пристроями на світлових прорізах, вибором джерела світла при штучному освітленні;

- **видимості та зорового сприйняття** – здатності сприйняття об'єктів спостереження органами зору людини у приміщенні, наприклад, в аудиторії – записів на дошці або демонстрації дії пристроїв. Для зальних приміщень умови видимості та зорового сприйняття ґрунтуються на положеннях: об'єкти спостереження повинні знаходитися у полі зору, розміри якого обумовлені фізіологічними властивостями ока людини; розміри поля зору обумовлюють найменшу оптимальну відстань до глядача; найбільша віддаленість глядача обумовлена розміром критичного для видовища об'єкта спостереження; для створення рівноцінних умов усім глядачам необхідне їх однакове віддалення від трьох точок зони, в якій відбувається дія (двох крайніх і однієї центральної);

- **звукового режиму** – умов чутиності у приміщенні (розмов, музики, сигналів) і захисту від шкідливих звуків (шуму), що виникає у приміщенні або надходить із зовні та здійснює шкідливий вплив на організм і психіку людини. Звуковий режим у приміщеннях передбачає: забезпечення нормальної звукоізолюючої здатності огорожувальних конструкцій; обмеження шумового впливу на людей від виробничих джерел шуму (верстатів, обладнання, агрегатів, машин), які перевищують гранично допустимий рівень, що втомлює працюючих і заважає виконанню технологічних процесів; створення комфортного акустичного клімату в зальних приміщеннях театрів, кінотеатрів, цирків тощо, який забезпечує природність, ясність і

виразність звучання музики, співів, мовлення. Вимоги акустичного комфорту зальних приміщень значно впливають на вибір їх об'ємно-планувальних і конструктивних рішень – розмірів, форм і оздоблювальних матеріалів.

Функціональні вимоги, як правило, ставляться до всієї будівлі або споруди в цілому. Оскільки складові частини функціональних характеристик відіграють різні ролі у забезпеченні надійності будівлі, вони мають різну відповідальність. А тому вимоги до окремих частин і підсистем будівельного об'єкта, які забезпечують його функціонування, встановлюють і реалізують сумісно. Наприклад, вимога до температури повітря в приміщенні забезпечується шляхом узгодження параметрів систем опалення та вентиляції з теплоізоляційними властивостями огорожувальних конструкцій.

Забезпечити функціонально-технологічні вимоги до будівель тільки будівельними заходами неможливо. Тому *сучасні будівлі оснащуються санітарно-технічним та інженерним обладнанням:*

- санітарно-технічними системами опалення, вентиляції, газопостачання, кондиціонування повітря, холодним і гарячим водопостачанням, водовідведенням, електропостачанням;
- інформаційними системами (радіо, телефон, телебачення, інтернет та інші);
- системами транспорту (ліфти, підйомники, пневматичні проводи, ескалатори тощо);
- системами пило- та сміттєвидалення;
- обладнанням, пов'язаним із функціональною специфікою будівлі (холодильне, підйомно-транспортне, сценічне та інше);
- системами безпеки будівель (охоронна сигналізація, сигналізація пожежної безпеки, контроль доступу, пошукова та оглядова техніка, інженерний захист, телевізійне внутрішнє та зовнішнє спостереження тощо).

До поняття благоустрою будівлі відноситься також якісне опорядження внутрішніх приміщень, фасадів та прилеглої території. Благоустрій створює необхідні зручності для підвищення комфортності проживання, покращення умов праці, задоволення потреб відпочинку тощо.

Сучасні вимоги до рівня комфорту і безпечної життєдіяльності людей передбачають проектування *«інтелектуальних» будівель*, в яких управління їх експлуатацією автоматизоване і здійснюється із мінімальним втручанням людини.

Вимоги збереження енергії пов'язані з глобальним подорожчанням енергоносіїв. Підвищення енергоефективності будівель в останнє десятиріччя стало одним із основних напрямів розвитку та удосконалення будівельної індустрії. У концепцію *енергозберігаючої будівлі* входить ізоляція зовнішніх несучих і огорожувальних конструкцій за допомогою теплоізолюючих матеріалів, а також специфічні інженерні рішення щодо покращення систем вентиляції та теплопостачання. Енергоефективність будівель визначається сукупністю багатьох факторів. Дослідження показали, що при експлуатації традиційного багатоповерхового житлового будинку через зовнішні стіни втрачається до 40% тепла, через вікна – 18%, підвал – 10%, покриття – 18%, вентиляцію – 14%. Надійна теплоізоляція будівель підвищує рівень комфорту перебування в приміщеннях, призводить до економії паливних ресурсів і скорочує експлуатаційні витрати.

Досвід експлуатації енергозберігаючих будівель в усьому світі довів, що додаткові капітальні вкладення для створення комплексної теплозахисної оболонки будівлі в короткі терміни окупаються за рахунок економії теплової енергії та первинних енергоносіїв.

1.3.2. Вимоги надійності та конструктивної безпеки

Основною вимогою, яка визначає надійність будівельного об'єкта, є його відповідність призначенню та здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом встановленого терміну експлуатації.

Надійність будівель, споруд та їх елементів, у тому числі довговічність і живучість, забезпечуються одночасним виконанням вимог, які висуваються: до вибору матеріалів, конструктивних та об'ємно-планувальних рішень, до методів розрахунку, проектування та контролю якості робіт при виготовленні конструкцій та їх зведенні, а також дотриманням правил технічної експлуатації, нагляду і догляду за конструкціями.

При проектуванні будівель або споруд, у першу чергу, необхідно забезпечувати їх конструктивну надійність із урахуванням вимог технічної доцільності.

Конструктивна надійність будівлі та інженерної споруди – це забезпечення необхідної міцності, стійкості, жорсткості та довговічності роботи їх конструкцій протягом визначеного терміну експлуатації. Будівля або інженерна споруда повинні надійно захищати людей та обладнання від несприятливих силових та несилових впливів, а також зберігати свої експлуатаційні функції протягом необхідного проміжку часу.

Міцність – це здатність будівлі сприймати силові навантаження і впливи без руйнування та істотних залишкових деформацій.

Стійкість – це здатність будівлі зберігати рівновагу при силових навантаженнях і впливах, тобто чинити опір зусиллям, які намагаються вивести її із стану статичної або динамічної рівноваги – чинити опір перекиданню.

Втрата стійкості будівлі може відбуватися у результаті нерівномірної осадки фундаментів і (або) при дії горизонтальних динамічних навантажень (вітрових, сейсмічних). Стійкість будівлі забезпечується доцільним взаємним сполученням і розташуванням будівельних конструкцій у відповідності із величиною та напрямом зовнішніх зусиль. Для забезпечення стійкості висотних будівель при великих горизонтальних навантаженнях необхідно, щоб рівнодіюча вертикальних навантажень і тиску вітру проходила через підшву фундаменту (рис. 1.21).

Стійкість висотних будівель суттєво залежить від їх конфігурації, форми об'єму.

Конфігурація будівлі – це її об'єм, розміри, тип і проектне положення будівельних конструкцій. Найбільш неефективною формою будівлі з позицій стійкості є висотна протяжна будівля із вузьким корпусом (будівля-пластина), тому що вона має велику площу, на яку діють вітрові сили (парусність), і вузьку опорну частину. Для підвищення стійкості рекомендується проектувати будівлі з ефективною конфігурацією: розвитком форми плану будівлі; зменшенням об'єму будівлі догори (терасність, пірамідальність, конусність); обтічністю форми (циліндричних і близьких до них).

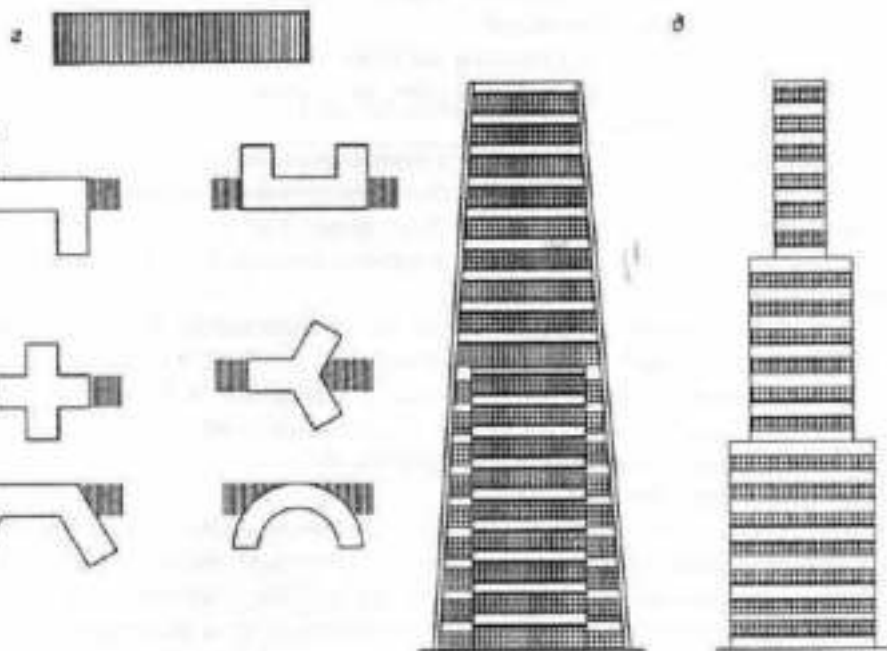
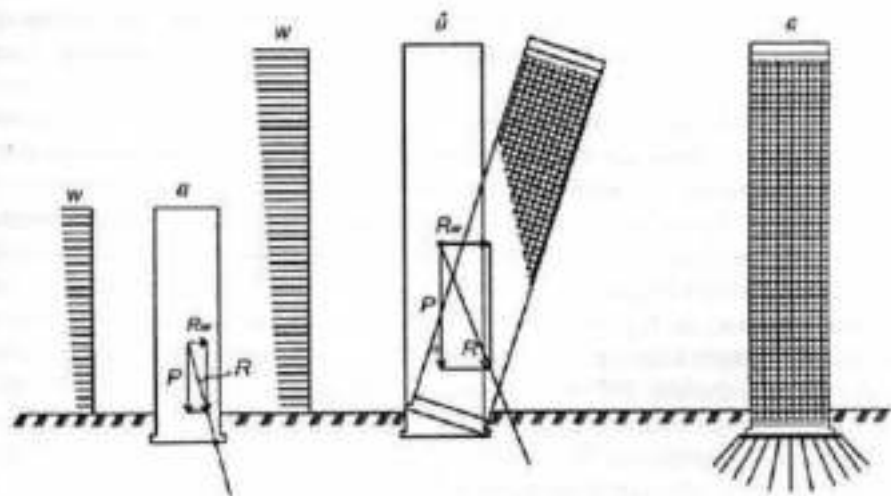


Рис. 1.21. Принципи забезпечення стійкості будівель:

а – будівля стійка; б – будівля нестійка (може перекидатися); в – будівля затиснута в ґрунтових основах від перекидання; г – надання будівлі більшої стійкості зміною форми плану; д – те ж саме, звуженням догори

При проектуванні висотних будівель співвідношення висоти до мінімального розміру поперечного перерізу будівлі не повинно перевищувати $h/d = 7$ (де h – висота будівлі, d – мінімальний розмір поперечного перерізу, розташованого на рівні $2/3h$).

Якщо вищезазначене співвідношення $h/d > 7$ необхідно: виконувати перевірений розрахунок на вихрове збудження (вітровий резонанс); враховувати можливість появи аеродинамічно нестійких коливань типу галопування.

У висотних будівлях від дії горизонтальних вітрових навантажень біля ґрунтових основ виникають великі згинальні моменти. Для забезпечення стійкості такі будівлі необхідно надійно анкерити через фундаменти в ґрунтових основах. Тоді будівля працює, як вертикальний консольний стрижень, який сприймає великі горизонтальні навантаження. Прикладом можуть слугувати башти-близнюки Петронас-тауерс висотою 452 м збудовані у 1998 році в м. Куала-Лумпур (Малайзія). Для забезпечення стійкості цих будівель запроєктований фундамент анкерного типу: у котловані глибиною 20 м, залиті бетоном 400 бетонних буронабивних паль довжиною 150 м, які об'єднані потужною залізобетонною плитою [45].

Жорсткість – це здатність будівлі та її конструкцій чинити опір деформаціям і переміщенням, зберігати незмінну геометричну форму і положення, виконувати свої статичні функції під впливом навантажень протягом всього терміну експлуатації без надлишкових деформацій.

Жорсткість будівель із стіновим несучим остовом забезпечується, як правило, жорсткістю поздовжніх і поперечних стін, які у рівнях поверхів з'єднані з жорсткими дисками перекриттів.

Жорсткість каркасних будівель із стрижневих вертикальних і горизонтальних елементів забезпечується двома способами: введенням у систему каркаса додаткових стрижневих, плоских чи об'ємно-просторових елементів (зв'язків, діафрагм або стовбурів жорсткості); із допомогою жорстких рамних вузлів з'єднання елементів каркаса.

Для забезпечення міцності, стійкості та жорсткості будівель і споруд всі окремі конструкції повинні бути довговічними.

Довговічність – це здатність будівлі або споруди та її елементів зберігати у часі необхідні функції та задані якості у визначених умовах при встановлених режимах експлуатації без руйнувань і деформацій.

Довговічність залежить від:

повзучості матеріалів, тобто від процесу безперервних малих деформацій, які відбуваються в матеріалах в умовах тривалої дії навантажень;

морозостійкості матеріалів, тобто від здатності вологого матеріалу протистояти багатократному попереминому заморожуванню та розморожуванню;

вологостійкості матеріалів, тобто їх здатності протистояти руйнівній дії вологи (розм'якшуванню, набуханню, жолобленню, розшаруванню, розтріскуванню тощо);

корозійності, тобто здатності матеріалу чинити опір руйнуванню, яке викликане хімічними або електрохімічними процесами;

біостійкості, тобто здатності органічних будівельних матеріалів протистояти руйнівним діям комах і мікроорганізмів.

Ступінь довговічності – це необхідний термін експлуатації будівель та їх конструкцій, який вимірюється у роках. Установлено три ступені довговічності: I ступінь – при терміні служби не менше 100 років; II ступінь – при терміні служби не менше 50 років; III ступінь – при терміні служби не менше 20 років.

Необхідна ступінь довговічності будівель та їх конструкцій забезпечується: вибором будівельних матеріалів, які повинні бути морозостійкими, вологостійкими, біостійкими, стійкими проти корозії та вогнестійкими; використанням конструктивних рішень, які виключають або знижують інтенсивність руйнівних дій зовнішніх впливів на конструкції; спеціальним захистом елементів конструкцій, які виконані із недостатньо стійких матеріалів. Вимоги довговічності будівель і конструкцій поширюються на їх деталі, стики та вузли.

Встановлений термін експлуатації будівлі та її конструкцій, T_{ef} – це розрахунковий термін функціонування об'єкта, що визначається, відповідно до нормативів, під час проектування та узгоджується замовником на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням умов і режиму експлуатації. Наприклад, при проектуванні висотних будівель, з умовною висотою 73,5 м і вище, його конструктивні рішення повинні забезпечити термін служби не менше 150 років із урахуванням належного експлуатаційного обслуговування та можливого відновлення ресурсу за допомогою капітальних ремонтів [21]. Якщо виконати вказані техніко-економічні розрахунки неможливо, орієнтовне значення встановленого терміну експлуатації визначають за даними таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Встановлений термін експлуатації будівель і споруд [19]

| Найменування | Орієнтовне значення встановленого терміну експлуатації T_{ef} , років |
|---|---|
| Будівлі: | |
| Житлові та громадські | 100 |
| Виробничі, допоміжні, складські | 60 |
| Сільськогосподарські | 50 |
| Мобільні збірно-розбірні | 20 |
| Мобільні контейнерні | 15 |
| Інженерні споруди: | |
| Мости, в залежності від типу | 80...100 |
| Греблі, тунелі | 120 |
| Резервуари для води | 80 |
| Резервуари для нафти і нафтопродуктів | 40 |
| Резервуари для хімічної промисловості | 30 |
| Ємнісні конструкції для сиλικних матеріалів | 20...30 |
| Башти і шогля, в залежності від призначення | 20...40 |
| Димові труби, теплиці | 30 |

Ступінь довговічності основних конструктивних елементів і способи їх захисту від вогню, фізичних, біологічних, хімічних та інших пошкоджень, забезпечення можливості їх заміни після вичерпання ресурсу, а також способи захисту основ від надмірного деформування повинні бути ув'язані з встановленим терміном експлуа-

тації об'єкта і забезпечувати необхідний рівень надійності протягом усього цього терміну.

Важливим поняттям, яке характеризує вимоги до конкретних будівель при їх проектуванні, є *клас будівлі за відповідальністю*.

Відповідальність – це сукупність властивостей будівлі або споруди та її елементів у цілому, яка визначається народногосподарським значенням, *класом наслідків (відповідальності)*, рівнем основних вимог і враховується при проектуванні *коефіцієнтом надійності за відповідальністю* γ_n , який визначається на підставі ймовірно-економічних обґрунтувань.

Класи відповідальності будівель і споруд визначаються рівнем можливих матеріальних збитків і (або) соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або із втратою цілісності об'єкта. Класифікація будівель і споруд виконується за даними таблиці 1.2 незалежно за кожною з наведених в її стовпцях характеристикою можливих збитків та втрат від відмови [19].

Таблиця 1.2

Клас і характеристики наслідків від відмови будівлі або споруди

| Клас наслідків (відповідальності) будівлі або споруди | Характеристики можливих наслідків від відмови будівлі або споруди | | | | | |
|---|---|---------------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| | Можлива небезпека для здоров'я і життя людей, кількість осіб | | | Обсяг можливого економічного збитку, мінімальний розмір заробітної плати | Втрата об'єктів культурної спадщини, категорії об'єктів | Припинення функціонування комунікацій транспорту, зв'язку, енергетики, інженерних мереж, рівень |
| | які постійно перебувають на об'єкті | які періодично перебувають на об'єкті | які перебувають поза об'єктом | | | |
| СС3 значні наслідки | понад 300 | понад 1000 | понад 50000 | понад 150000 | національного значення | загальнодержавний |
| СС2 середні наслідки | від 20 до 300 | від 50 до 1000 | від 100 до 50000 | від 2000 до 150000 | місцевого значення | регіональний, місцевий |
| СС1 незначні наслідки | до 20 | до 50 | до 100 | до 2000 | – | – |

Примітка. Вважається, що на об'єкті постійно є люди, якщо вони перебувають там не менше ніж вісім годин на добу і не менше ніж 150 днів на рік. Людьми, які періодично відвідують об'єкт, вважаються ті, що перебувають там не більше трьох годин на добу. Небезпекою для життєдіяльності людей є можливе порушення нормальних умов більше ніж на три доби.

Для кожного класу будівель визначаються експлуатаційні вимоги до їх об'ємно-планувальних елементів, а саме їх розміри, ступінь благоустрою, якість оздоблення, довговічність і вогнестійкість. Встановлено три основні класи будівель за відповідальністю. За результатами експертних оцінок виділяється клас унікальних будівель і споруд, який позначається латинською буквою *и*.

Орієнтовний перелік будівельних об'єктів за класами наслідків (відповідальності):

клас и – будівлі та споруди, які мають унікальне народногосподарське або соціальне значення, клас відповідальності не нижче СС3, затверджений регулюючими органами держави з коефіцієнтом надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1,2 \dots 1,5$. Це будівлі з постійним перебуванням великої кількості людей (понад 1000) – вокзали, аеропорти, виставкові та концертні зали ($\gamma_n = 1,4$); висотні будівлі та споруди невеликих розмірів у плані при відношенні висоти до його ширини більше або дорівнює 5 та споруди з великими прогонами, величина яких більше або дорівнює 30 м ($\gamma_n = 1,4$);

I клас – будівлі та споруди, які мають особливо важливе народногосподарське або соціальне значення, клас відповідальності СС3 із коефіцієнтом надійності за відповідальністю $\gamma_n = 0,95 \dots 1,2$. Це об'єкти нафто- і газодобувної, хімічної, вугільної та інших галузей промисловості небезпечні щодо пожежі та вибуху; об'єкти атомної, гідро- та теплоенергетики; мости і тунелі на дорогах вищої категорії, або протяжністю понад 1000 м чи прогоном понад 300 м; будівлі та споруди великих залізничних і аеровокзалів; будівлі висотою від 73,5 м до 100 м, для яких необхідно приймати коефіцієнт надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1,1$; будівлі музеїв, державних архівів, національних історичних і культурних цінностей; видовищні об'єкти з масовим перебуванням людей; будівлі університетів, інститутів, шкіл тощо; великі лікарні та інші заклади охорони здоров'я; універсами та інші великі торговельні підприємства;

II клас – будівлі та споруди, які мають важливе народногосподарське або соціальне значення, клас відповідальності СС2 із коефіцієнтом надійності за відповідальністю $\gamma_n = 0,9 \dots 0,95$. Це основні об'єкти металургійної, машинобудівної, оборонної та інших видів промисловості; емоності для нафти і нафтопродуктів; великі готелі та гуртожитки; будівлі видовищних і спортивних підприємств, підприємств торгівлі, громадського харчування, служби побуту, установи охорони здоров'я; будівлі заввишки до 100 м; будівлі складів для забезпечення логістичних потреб населення, цінного устаткування та матеріалів, військові склади;

III клас – будівлі та споруди, які мають обмежене народногосподарське або соціальне значення, клас відповідальності СС1 із коефіцієнтом надійності за відповідальністю $\gamma_n = 0,9 \dots 0,95$, а для тимчасових будівель $\gamma_n = 0,8$. Це всі промислові та громадські будівлі, а також сільського господарства і переробки сільгосппродукції, що не віднесені для класів СС3 і СС2; усі тимчасові об'єкти та мобільні будівлі; парники, теплиці, освітлювальні опори тощо.

Житлові будинки за рівнем комфорту і соціальної спрямованості поділяють на дві категорії: I категорії (комерційне), II категорії (соціальне).

Довговічність конструкцій та надійність експлуатації будівель визначаються досвідом їх експлуатації і тісно пов'язані з їх вогнестійкістю та пожежною безпекою.

1.3.3. Вимоги пожежної безпеки об'єктів будівництва

Пожежна безпека об'єкта будівництва – це стан об'єкта, при якому із регламентованою вірогідністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека об'єкта забезпечується рядом заходів, які зменшують можливість виникнення пожежі та її розповсюдження і спрямовані на захист людей.

Засоби і способи пожежного захисту будівель і споруд регламентують норми та правила, які базуються на накопиченому досвіді, наукових дослідженнях, технічних і економічних можливостях державної системи [12]. Будівельні об'єкти повинні проектуватися і споруджуватися таким чином, щоб у разі виникнення пожежі були виконані п'ять основних принципів пожежної безпеки:

– зберігалася несуча здатність будівельних конструкцій протягом певного часу;

– було обмежене утворення і поширення вогню та диму всередині об'єкта;

– було обмежене поширення вогню на сусідні будівельні об'єкти;

– люди могли залишити об'єкт або бути врятовані іншим способом;

– були враховані питання безпеки рятувальних команд.

Основними нормативними показниками пожежної безпеки об'єктів будівництва є: ступінь вогнестійкості будівель; мінімальна межа вогнестійкості конструкцій; максимальна межа поширення вогню по будівельним конструкціям; група горючості будівельного матеріалу; методи випробування вогнестійкості, горючості та розповсюдження вогню.

Засобами забезпечення пожежної безпеки об'єктів будівництва є раціональне проектування: висоти, довжини і ширини будівлі та протипожежних відсіків; протипожежних перешкод; приміщень і шляхів евакуації; кількості, розмірів і розміщення евакуаційних виходів; доступу пожежників; протипожежних розривів між будівлями та спорудами; протипожежного водопроводу й аварійної протидимної вентиляції; первинної та автоматичної системи сповіщення, сигналізації та гасіння пожеж тощо.

Пожежно-технічна класифікація призначається для встановлення необхідних вимог до протипожежного захисту будівель, приміщень, частин будівель та їх конструкцій у залежності від їх вогнестійкості та пожежної безпеки.

Вогнестійкість – це здатність будівель, будівельних конструкцій та їх елементів зберігати свої несучі та огорожувальні функції за умов пожежі.

Ступінь вогнестійкості будівель та споруд установлюють залежно від їх класу відповідальності, народногосподарського та соціального значення, призначення, категорії з вибухопожежної та пожежної небезпеки, умовної висоти, площі поверху в межах протипожежного відсіку тощо.

За умовною висотою будівлі класифікують як:

Малоповерхові – висотою $h \leq 9$ м (зазвичай, для житлових будинків до 3-х поверхів включно);

Багатоповерхові – висотою $9 \text{ м} < h \leq 26,5$ м (зазвичай, для житлових будинків до 9-ти поверхів включно);

Підвищеної поверховості – висотою $26,5 \text{ м} < h \leq 73,5 \text{ м}$ (зазвичай, для житлових будинків до 24 поверхів включно);

Висотні – висотою $h > 73,5 \text{ м}$.

Умовна висота будівлі визначається висотою розташування верхнього поверху, без урахування верхнього технічного поверху. Висота розташування поверху – це різниця між позначками поверхні проїзду для пожежних машин і підлоги верхнього поверху.

Ступінь вогнестійкості будівель та споруд – це нормована характеристика, яку визначають їх будівельні конструкції та межі поширення вогню по цих конструкціях. Вимоги ступеню вогнестійкості будівель установлюють на стадії проектування за мінімальними межами вогнестійкості основних конструктивних елементів у хвилинах і максимальними межами поширення вогню по них у сантиметрах. Кожному ступеню вогнестійкості будівель відповідають: **мінімальна межа вогнестійкості конструкцій** – час в годинах, протягом якого конструкція чинить опір дії вогню; **максимальна межа поширення вогню по будівельним конструкціям**, яка встановлює допустимий розмір пошкодження конструкції у сантиметрах. У свою чергу, мінімальна межа вогнестійкості конструкцій та максимальна межа поширення вогню по будівельним конструкціям залежить від показників пожежної небезпеки будівельних матеріалів.

Будівельні матеріали класифікують за такими показниками пожежної небезпеки: горючістю, займистістю, поширенням полум'я поверхнею, димоутворювальною здатністю та токсичністю продуктів горіння.

• **За горючістю** будівельні матеріали поділяють на негорючі (НГ) та горючі (Г).

Негорючі будівельні матеріали (НГ) – під впливом вогню або високої температури на їх поверхні не з'являється полум'я, вони не тліють і не обвуглюються (камінь, бетон, залізобетон). Будівельні матеріали відносяться до негорючих при таких значеннях параметрів горючості: приріст температури в печі не більше 50°C ; втрата маси зразка не більше 50%; тривалість стійкого полум'яного горіння не більше 10 секунд. Будівельні матеріали, що не задовольняють хоча б одному з вказаних значень параметрів, відносяться до горючих.

Горючі будівельні матеріали (Г) – під впливом вогню на їх поверхні з'являється полум'я або тління, яке продовжується після знищення джерела вогню, виділяються угарні, токсичні гази (деревина, руберойди, утеплювачі, пластмаси тощо).

Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи: Г1 (низької горючості); Г2 (помірної горючості); Г3 (середньої горючості); Г4 (підвищеної горючості). Горючість будівельних матеріалів із віднесенням їх до відповідної групи визначають за результатами випробувань. Групи горючості матеріалів у відповідності з параметрами наведені у таблиці 1.3.

• **За займистістю** горючі будівельні матеріали поділяють на три групи: В1 (важко займисті); В2 (помірнозаймисті); В3 (легкозаймисті). Займистість будівельних матеріалів із віднесенням їх до відповідної групи визначають за результатами випробувань.

Групи горючості матеріалів

| Група горючості матеріалів | Параметри горючості | | | |
|----------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| | Температура димових газів T , °C | Ступінь пошкодження за довжиною S_L , % | Ступінь пошкодження за масою S_m , % | Тривалість самостійного горіння t_c , с |
| Г1 | <135 | <65 | <20 | 0 |
| Г2 | <235 | <85 | <50 | <30 |
| Г3 | <250 | >85 | <80 | <60 |
| Г4 | >250 | >85 | >80 | >60 |

• *За поширенням полум'я поверхнею* горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи: РП1 (не поширюють); РП2 (локально поширюють); РП3 (помірно поширюють); РП4 (значно поширюють). Групи будівельних матеріалів за поширенням полум'я поверхнею визначають для поверхневих шарів конструкцій покривель, підлог і встановлюють за результатами випробувань.

• *За димоутворювальною здатністю* горючі будівельні матеріали поділяють на три групи: Д1 (з малою димоутворювальною здатністю); Д2 (з помірною димоутворювальною здатністю); Д3 (з високою димоутворювальною здатністю). Групи будівельних матеріалів за димоутворювальною здатністю встановлюють залежно від значення коефіцієнта димоутворення за даними.

• *За токсичністю продуктів горіння* горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи: Т1 (малонебезпечні); Т2 (помірнебезпечні); Т3 (високонебезпечні); Т4 (надзвичайно небезпечні). Групи будівельних матеріалів за токсичністю продуктів горіння встановлюють залежно від значення показників токсичності продуктів горіння за даними.

Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником *вогнестійкості будівельних конструкцій* та *будівель* у цілому є *межа вогнестійкості конструкцій*, що визначається часом у хвиликах від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкцій: *втрати несучої спроможності R*; *втрати цілісності E*; *втрати теплоізолявальної спроможності I*.

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань або за розрахунками, що використовують дані, отримані шляхом випробувань типових будівельних конструкцій.

Зразки для випробувань на вогнестійкість виготовляють відповідно до вимог технічної документації при дотриманні технології підприємств, які їх виготовляють. Вони повинні мати розміри, які відповідають проєктним розмірам будівельних

конструкцій. У випадках, якщо зразки таких розмірів випробувати неможливо, допускається використання зразків у вигляді фрагментів конструкцій. Мінімальні розміри зразків регламентуються стандартами методів випробувань на вогнестійкість конструкцій конкретних типів. Наприклад, для випробувань несучих стін зразки повинні мати розміри не менше ніж 3x3 м, а для випробувань перекриттів – не менше ніж 2x4 м.

Межа вогнестійкості конструкції визначається шляхом розрахунку несучої і/або теплоізоляційної здатності конструкції під впливом стандартного температурного режиму.

Ознакою **втрати несучої здатності R** слід вважати обвалення конструкції або виникнення граничних деформацій: для згинних конструкцій – величини прогину $L/200$; для вертикальних конструкцій – вертикальної деформації $L/100$, де L – прогін. Для металевих конструкцій ознакою втрати несучої здатності є перевищення середньої температури металевого елемента конструкції над його початковою температурою: на 480°C – для сталевих конструкцій і на 230°C – для конструкцій із алюмінієвих сплавів. Справа у тому, що метали мають високу теплопровідність, а під впливом високих температур сильно розширюються і протягом короткого терміну часу втрачають свою статичну міцність.

Втрата цілісності E відбувається у результаті утворення в конструкції наскрізних тріщин або отворів, через які на поверхню, що не обігривається, проникають продукти горіння або полум'я.

Втрату цілісності конструкції при випробуваннях визначають із допомогою горючого тампону в металевій рамці на держаку, який підносять до місць, де очікується проникнення полум'я або горіння, та протягом 10 секунд утримують на відстані 20 мм від поверхні зразка.

Ознакою **втрати теплоізоляційної здатності I** вважається час перевищення середньої температури на поверхні конструкції, що не обігривається, у середньому більше ніж на 140°C або у будь-якій точці цієї поверхні більше ніж на 180°C порівняно з температурою конструкції до випробувань або більше 220°C , незалежно від початкової температури конструкції.

Показником здатності будівельних конструкцій поширювати вогонь є **межа поширення вогню M**, яка вимірюється в сантиметрах.

Метод випробувань будівельних конструкцій на показник поширення вогню розповсюджується на колони, ригелі, ферми, балки, арки, рами і зв'язки, зовнішні та внутрішні стіни, перегородки, перекриття, стіни сходових кліток, протипожежні перешкоди, марші та сходові площадки, підвісні стелі, повітроводи і трубопроводи. Цей метод не поширюється на конструкції заповнення прорізів, на покриття підлоги, покрівлі, облицювання та оздоблення.

За межею поширення вогню будівельні конструкції поділяють на три групи, що наведені в таблиці 1.4.

Межі поширення вогню по конструкціях

| Позначення | Вид будівельної конструкції | Межа поширення вогню, см |
|------------|---|--------------------------|
| M0 | Для горизонтальних і вертикальних конструкцій | 0 |
| M1 | Для горизонтальних конструкцій | $M \leq 25$ |
| | Для вертикальних конструкцій | $M \leq 40$ |
| M2 | Для горизонтальних конструкцій | $M > 25$ |
| | Для вертикальних конструкцій | $M > 40$ |

Для будівель і споруд установлено п'ять основних I...V і три додаткових IIIa, IIIб і IVa ступенів вогнестійкості [12], які наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Класифікація будівель за ступенем вогнестійкості

| Ступінь вогнестійкості будівель | Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см) | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------------|--|------------------------------|--------------------------|
| | Стіни | | | | Колони | Елементи сходових площадок | Перекриття міжповерхові, горішні, підвалні | Елементи суміщених покриттів | |
| | Несучі та сходові квіткок | Самонесучі | Зовнішні несучі | Внутрішні несучі (не-регоролки) | | | | Плити, настили, прогони | Балки, ферми, арки, рами |
| I | REI 150 M0 | REI 75 M0 | E 30 M0 | EI 30 M0 | R 150 M0 | R 60 M0 | REI 60 M0 | RE 30 M0 | R 30 M0 |
| II | REI 120 M0 | REI 60 M0 | E 15 M0 | EI 15 M0 | R 120 M0 | R 60 M0 | REI 45 M0 | RE 15 M0 | R 30 M0 |
| III | REI 120 M0 | REI 60 M0 | E 15, M0 E 30, M1 | EI 15 M1 | R 120 M0 | R 60 M0 | REI 45 M1 | Не нормується | |
| IIIa | REI 60 M0 | REI 30 M0 | E 15 M1 | EI 15 M1 | R 15 M0 | R 60 M0 | REI 15 M0 | RE 15 M1 | R 15 |
| IIIб | REI 60 M1 | REI 30 M1 | E 15, M0 E 30, M1 | EI 15 M1 | R 60 M1 | R 45 M0 | REI 45 M1 | RE 15, M0 RE 30, M1 | R 45 M1 |
| IV | REI 30 M1 | REI 15 M1 | E 15 M1 | EI 15 M1 | R 30 M1 | R 15 M1 | REI 15 M1 | Не нормується | |
| IVa | REI 30 M1 | REI 15 M1 | E 15 M2 | EI 15 M1 | R 15 M0 | R 15 M0 | REI 15 M0 | RE 15 M2 | R 15 M0 |
| V | Не нормується | | | | | | | | |

Конструктивні характеристики будівель у залежності від їхнього ступеня вогнестійкості наводяться у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Конструктивні характеристики будівель у залежності від їхнього ступеня вогнестійкості

| Ступінь вогнестійкості | Конструктивні характеристики |
|------------------------|---|
| I, II | Будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих опоряджувальних матеріалів. |
| III | Будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитним матеріалами або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню. При цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахистну обробку. |
| IIIa | Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огорожувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1, Г2. |
| IIIб | Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з деревини, підданій вогнезахисній обробці. Огорожувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали груп горючості Г3, Г4 огорожувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур. |
| IV | Будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриття не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню. При цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. |
| IVa | Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огорожувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп горючості Г3, Г4. |
| V | Будівлі, до несучих і огорожувальних конструкцій яких не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню. |

Будівлі з великою площею поверхів і значної протяжності необхідно розділяти на відсіки *протипожежними перешкодами* із негорючих матеріалів.

Протипожежна перешкода – це будівельна конструкція у вигляді протипожежної стіни, перегородки, перекриття, яка призначена для запобігання поширення пожежі у прилеглі до неї приміщення або частини будівель протягом нормованого часу.

Протипожежний відсік – частина будівлі, відокремлена від інших частин протипожежними перешкодами. Призначенням протипожежного відсіку є запобігання поширення пожежі та її небезпечних факторів зсередини назовні або всередину протягом нормованого часу.

Всі висотні будівлі необхідно поділяти за висотою на протипожежні відсіки, які відокремлюють один від одного протипожежним перекриттям із класом вогнестійкості не менше *REI 180* або технічним поверхом із протипожежними перекриттями класом вогнестійкості *REI 120*.

Максимальна висота нижнього протипожежного відсіку визначається можливістю доступу пожежних підрозділів із автодрабин, автопідйомників у будь-яке приміщення нижнього протипожежного відсіку, але умовна висота відсіку не повинна перевищувати 50 м.

При обґрунтуванні та погодженні з органами державного пожежного нагляду допускається збільшувати висоту протипожежного відсіків.

На межі протипожежних відсіків (на рівні протипожежного перекриття) слід передбачати карнизи по контуру будівлі, що виступають за межі фасаду не менше 750 мм, або передбачати на рівні протипожежного перекриття, що поділяє будівлю на протипожежні відсіки, захист віконних прорізів пристроями (протипожежними шторами, дренчер ними завісами тощо), які перекривають їх під час пожежі. Дopusкається за узгодженням з центральним органом державного пожежного нагляду передбачати інші конструктивні та інженерні рішення щодо непоширення пожежі між протипожежними відсіками по фасаді будівлі.

Вертикальні протипожежні перешкоди, які називають брандмауерами, повинні виступати за межі контуру поперечного перерізу будівлі на 300...600 мм.

Для заповнення прорізів у протипожежних перешкодах застосовують протипожежні двері, ворота, вікна, люки, клапани, завіси (екрани). У місцях прорізів можна також розташовувати протипожежні тамбур-шлюзи. За межею поширення вогню протипожежні перешкоди мають відповідати групі *M0*.

Для вікон у протипожежних перешкодах, протипожежних дверях, воротах із площею застакнення не більше 0,1 м² межа вогнестійкості встановлюється тільки за ознакою втрати цілісності *E*.

Дозволяється застосовувати протипожежні завіси (екрани) з межею вогнестійкості за ознакою *E* за умови, що межа вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолявальної здатності *I* таких екранів, повинна забезпечуватися застосуванням автоматичних водяних установок пожежогасіння (зрошенням екранів за всією площею під час пожежі), а приміщення, розділені на частини перегородками, які трансформуються, або протипожежними завісами повинні мати самостійні евакуаційні виходи з кожної частини.

Площа поверху (в межах протипожежного відсіку) залежно від ступеня вогнестійкості та поверховості житлових будинків повинна бути не більшою за вказану у табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Нормована площа поверху житлових будинків залежно від ступеня вогнестійкості та поверховості [13]

| Ступінь вогнестійкості будинку | Найбільша допустима кількість поверхів | Найбільша площа поверху (в межах протипожежного відсіку), м ² |
|--------------------------------|--|--|
| I | 25 | 2200 |
| II | 10 | 2200 |
| III | 5 | 1800 |
| IV, IIIб | 1 | 1400 |
| IV, IIIб | 2 | 1000 |
| V, IIIа, IVа | 1 | 1000 |
| V | 2 | 800 |

Для висотних будівель площу поверху в межах протипожежного відсіку слід приймати не більше ніж: для готелів – 1500 м²; для житлових будинків – 2000 м²; в інших випадках – 2500 м².

Приміщення, які розраховані на одночасне перебування більше 500 осіб, повинні відокремлюватись від інших приміщень протипожежними стінами та перекриттями. Відстань від дверей цих приміщень до незадимлованих сходових кліток або протипожежного тамбур-шлюзу не повинна перевищувати 20 м [21].

Протипожежний тамбур-шлюз – це об'ємний елемент частини приміщення, відокремлений від інших частин приміщення протипожежними перешкодами та розташований безпосередньо в місцях виходу (виходу) з приміщення, сходової клітки, ліфтової шахти. Призначенням протипожежного тамбур-шлюзу є запобігання поширення пожежі та її небезпечних факторів за межі приміщення або в середину приміщення, сходової клітки, ліфтової шахти.

При виникненні пожежі у будівлі люди повинні швидко її покинути через **евакуаційні виходи** по **евакуаційним шляхам**, які запроєктовані архітекторами у відповідності з ДБН конкретних типів будівель або завданням на проєктування.

Для забезпечення безпечної евакуації людей проєктом рішенням будівлі повинні передбачатись заходи, що спрямовані на: створення умов для своєчасної та безперешкодної евакуації людей у разі виникнення пожежі; захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі.

Евакуаційні виходи – це виходи, які ведуть із приміщень:

- першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль (фойє), сходову клітку;
- будь-якого наземного поверху безпосередньо або через коридор, хол (крім ліфтового), фойє до сходової клітки чи зовнішніх відкритих сходів;
- у сусідні приміщення на тому ж поверсі, що забезпечене виходами, зазначеними вище, за винятком випадків, обумовленими нормативними документами;

– цокольного, підвального та підземного поверхів назовні безпосередньо, через сходову клітку або через коридор, який веде до сходової клітки, що має вихід назовні безпосередньо або ізольований від розташованих вище поверхів.

Евакуаційні шляхи – це коридори, сходи, сходові клітки, тамбури, шлюзи та інші проходи, що забезпечують евакуацію людей, які знаходяться у будівлях.

Гранично допустима відстань на шляхах евакуації від найвіддаленішої точки підлоги приміщення до найближчого евакуаційного виходу обмежується та приймається із урахуванням призначення, категорії за вибухопожежної та пожежної небезпеки цього приміщення, ступеня вогнестійкості будівлі, чисельності людей, які евакуюються, геометричних параметрів приміщень і евакуаційних шляхів, розташування технологічного та іншого обладнання. Ця відстань вимірюється по осі евакуаційного шляху та встановлюється нормативними документами з проектування будівель відповідного призначення.

Для висотних житлових будинків відстань від вхідних дверей квартир до найближчого евакуаційного виходу повинна бути не більше 12 м.

Для висотних громадських будівель відстань по коридору між евакуаційними виходами поверху повинна бути не більше 40 м, а від крайньої тупикової частини коридору – не більше 10 м [21].

Для підвищення межі вогнестійкості будівельних конструкцій і будівель у цілому та обмеження межі поширення вогню передбачають пожежозахисні заходи.

Усі відомі **способи вогнезахисту конструкцій** можна класифікувати за трьома основними групами: **конструктивні, теплозахисні екрани та хімічні**.

Конструктивні способи передбачають влаштування вогнезахисту шляхом бетонування, обкладки цеглою, штукатуркою, лічуванням негорючими листовими матеріалами тощо. Несучі конструкції перекриттів і покриттів раціонально захищати від впливів вогню непрямыми (посередніми) протипожежними захистами з допомогою підвісних стель із збірних плит з гіпсу, фібросилікату, мінерального войлоку тощо. Перевагами цього методу є можливість досягнення високої межі вогнезахисту конструкцій, але він характеризується високою трудомісткістю.

Теплозахисні екрани можуть бути виконані контактним шляхом або влаштуванням мембрани. При **контактному** варіанті вогнезахисна речовина наноситься безпосередньо на поверхню конструкції, а при **мембранному** – на поверхню допоміжних елементів, які закріплені до конструкції на відстані. Теплозахисні екрани включають покриття із легких вогнезахисних речовин або вогнезахисних фарб і лаків.

Вогнезахисні речовини внаслідок високих теплоізоляційних властивостей сповільнюють прогрівання конструктивних елементів, чинять опір займанню та горінню. До таких речовин відносять м'які рулонні матеріали, які спучуються при теплових впливах, наприклад, чеська вогнезахисна рулонна стрічка *Peroton*, яку використовують для захисту металевих конструкцій.

Вогнезахисні фарби та лаки затримують спалахування матеріалів, зменшують розповсюдження вогню на поверхні конструкцій. Їх дія зводиться до виконання захисних функцій, поглинання тепла в результаті розкладання, виділення інгібіторних газів, звільнення води та прискорення утворення вугільного шару.

Вогнезахисні фарби та лаки поділяють на ті, що не спучуються і ті, що спучуються при нагріванні та збільшують товщину шару до 40 разів. Фарби та лаки,

що случуються, більш ефективні, що обумовлено утворенням слученого вугільного шару у вигляді накоксованого розплаву, який має високі теплозахисні якості.

Перевагами використання теплозахисних екранів є: незалежність від форми конструкції, яку захищають, відносно низька трудомісткість нанесення вогнезахисного складу механічним способом, легкість влаштування вогнезахисту на об'єктах, які експлуатуються, а також у стиснутих умовах.

Технічні характеристики вогнезахисних речовин для підвищення межі вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій наведені у додатку 1.3.

Хімічні способи використовують переважно для покращення пожежної безпеки будівельних конструкцій із дерева в середині приміщень. Для цього використовують **вогнезахисні солі** (антипірени) для глибокого просочення матеріалів із дерева та його захисту від вогню із середини або **вогнезахисні речовини**, які утворюють спінений шар навколо конструкції під впливом вогню або високої температури.

Вогнезахисні солі (антипірени) складаються, в основному, з фосфатів, розчинених сульфатом амонію. Глибоке просочення деревини рідкими розчинами антипіренів здійснюють автоклавним методом на деревообробних комбінатах. Під впливом високих температур вогнезахисні солі розплавляються, при цьому тепло відтягується від деревини, а на поверхні утворюється обвуглений захисний шар. Крім того, антипірени при пожежах виділяють гази, які перешкоджають горінню та сприяють швидкому утворенню захисного шару. Деревина оброблена антипіренами під впливом вогню обвуглюється, а коли припиняється нагрівання горіння зупиняється.

Піноутворюючі **вогнезахисні речовини** у вигляді пігментного шару без кольору наносять на поверхню дерев'яних конструкцій. Під впливом вогню або температури близько 200°K цей шар перетворюється на шар піни товщиною 20...30 мм, який перешкоджає доступу кисню до деревини і таким чином протягом деякого часу захищає дерев'яні конструкції від згорання.

Таким чином, хімічні способи вогнезахисту захищають деревину від спалахування та самостійного горіння. Основним результатом є уповільнення підвищення температури в умовах пожежі, зниження швидкості розповсюдження вогню, зменшення глибини проникання полум'я в матеріал конструкцій або ступеню їх руйнування при контакті з вогнем.

Хімічні методи вогнезахисту менш ефективні від конструктивних і теплозахисних екранів, їх не можна використовувати в умовах експлуатації конструкцій, але вони не змінюють власний вигляд конструкції та її форму.

Із усіх способів вогнезахисту найбільш універсальним є метод теплозахисних екранів, який можна ефективно використовувати як для металевих, так і для дерев'яних конструкцій.

За категоріями вибухопожежної та пожежної небезпеки класифікують лише будівлі та приміщення виробничого і складського призначення [40] у залежності від кількості та пожежовибухових властивостей речовин і матеріалів, які знаходяться в них, та з урахуванням особливостей технологічних процесів, розміщених в них виробництв, що наведені у табл. 1.8.

Класифікація приміщень за категоріями із вибухопожежної та пожежної небезпеки

| Категорія приміщень | Характеристика речовин і матеріалів, які знаходяться в приміщенні |
|------------------------------------|---|
| А – вибухопожежо-небезпечна | Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть створювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухнути та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа. |
| Б – вибухопожежо-небезпечна | Горючий пиля або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C, горючі рідини у такій кількості, що можуть створювати вибухонебезпечні пиліповітряні або пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. |
| В – пожежо-небезпечна | Горючі рідини, горючі та важкогорючі речовини і матеріали, речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти, за умови, що приміщення в яких вони знаходяться не відносяться до категорій А і Б. |
| Г | Негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор і полум'я. Горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються в якості палива. |
| Д | Негорючі речовини та матеріали у холодному стані. Допускається відносити приміщення з горючими рідинами в системах змащування, охолодження та гідроприводу обладнання, в яких міститься не більше 60 кг при тиску не більше 0,2 мПа, кабельні електропроводки до обладнання, окремі предмети меблів. |

Визначення категорій приміщень необхідно здійснювати шляхом послідовної перевірки належності приміщень до категорій.

Будівля відноситься до категорії А, якщо сумарна площа приміщень категорії А у ній перевищує 5% площі усіх приміщень або 200 м².

1.3.4. Естетичні вимоги

Архітектурно-художні вимоги до будівель пов'язані з вибором їх об'ємно-планувальних рішень у відповідності з архітектурним задумом, виконанням вимог по раціональному використанню будівельних матеріалів і виробів будівельної індустрії, необхідності прийняття обґрунтованих конструктивних рішень для забезпечення їх надійної експлуатації. Архітектурно-композиційні рішення будівель та споруд повинні мати виразний і привабливий зовнішній вигляд, задовольняти художньо-естетичним запитам людей, бути гармонійно зв'язаними з існуючою забудовою та природним оточенням.

Об'ємно-планувальна структура і форма будівлі обумовлюється функціональними та технічними вимогами. Для надання будівлі естетичних якостей необхідно, щоб вона була досконалою у функціональному відношенні та надійна за технічним рішенням. Соціальні замовлення суспільства вимагають зведення будівель, призначених для праці, побуту, відпочинку, навчання, культури, обслуговування людей тощо. Соціальний розвиток суспільства пов'язаний із свідомою різноманітною діяльністю людей і торкається не лише матеріальних, але й духовних їх запитів. Як наслідок, при формуванні об'ємно-просторових рішень будівель та споруд необхідно завжди враховувати духовний елемент, який виражається в естетичних або архітектурно-художніх якостях окремих будівель чи комплексів.

Значну, а іноді вирішальну роль у естетичному рішенні об'єму будівлі відіграють досягнення будівельної техніки – сучасні матеріали і конструкції. Але архітектурно-художня виразність будівлі досягається не лише за рахунок декоративних засобів, а й рішенням його просторових і конструктивних форм, які відображають тектоніку будівлі.

Тектоніка в архітектурі – це фізична структура будівлі, зумовлена взаємозв'язком несучих і огорожувальних конструктивних елементів, яка визначається властивостями міцності матеріалів і принципами передачі та сприйняття навантажень.

Засоби архітектурної виразності будівлі та її конструктивних форм виявляються через їх [45]:

- інформативність – відкритість, ясність, цілісність, технологічність;
- ефективність – утилітарну досконалість, раціональність;
- впорядкованість – регулярність, модульність, симетричність, ритмічність, координацію та субординацію елементів і матеріалів;
- цілісність – гармонійну урівноваженість, виявлення пластичних зв'язків цілого з деталями, центра і периферії, співвідношення мас і простору, єдність у різноманітності;
- конструктивність – надійність, жорсткість, стійкість;
- пластичність – силует, контур, конфігурацію;
- масштабність – пропорційний устрій, членування, ступінь збільшення форм;
- використання стильової та художньої структури оформлення – ритміку, орнамент, фактуру, колір;
- оригінальність – своєрідність, незвичність, новизну, сучасність.

1.3.5. Економічні вимоги

Економічність архітектурно-технічного рішення будівлі передбачає раціональне рішення його об'ємно-планувальних, конструктивних, технологічних (технологія зведення), експлуатаційних і естетичних задач.

Економічні вимоги полягають в забезпеченні мінімально необхідних витрат на будівництво та експлуатацію будівлі. Для цього використовують найбільш раціональні об'ємно-планувальні, конструктивні та архітектурно-композиційні проектні рішення будівлі, які забезпечують оптимальну організацію в них функціональ-

них і технологічних процесів. Основні критерії економічності будівлі це: капітальні вкладення для її зведення, експлуатаційні витрати, собівартість зношення та відношувальна вартість будівлі.

Капітальні витрати при зведенні будівель залежать від раціональності прийнятих у проекті об'ємно-просторових, конструктивних і технічних рішень, доцільного використання будівельних матеріалів і застосування прогресивних методів будівництва.

Експлуатаційні витрати пов'язані із обслуговуванням будівлі протягом терміну експлуатації. Вони складаються з витрат на: опалення будівель; електропостачання для освітлення, ліфтового обслуговування, кондиціонування тощо; поточні та капітальні ремонти; обслуговуючий персонал.

Експлуатація будівлі або споруди – це її використання за функціональним призначенням із проведенням необхідних заходів по збереженню стану конструкцій, при якому вони здатні виконувати задані функції з параметрами, що встановлені вимогами технічної документації.

Підвищені вимоги до енергозбереження будівель вимагають від проєктувальників закладати раціональні типи зовнішніх огорожувальних конструкцій. Для зменшення енергетичних витрат на опалення будівель необхідно використовувати ефективні утеплювачі в конструктивних рішеннях багатопарових зовнішніх стін та покриттів, раціонально вирішувати питання застосування огорожувальних конструкцій, ретельно підбирати специфічні інженерні рішення систем вентиляції та теплопостачання.

Вартість амортизації будівлі залежить від вартості будівництва та довговічності або терміну служби будівлі. Чим менша вартість будівлі та чим довше вона буде виконувати свої функції, тим менша величина щорічних амортизаційних відрахувань.

1.4. Основні положення розрахунку будівельних конструкцій

1.4.1. Навантаження і впливи на будівлі та споруди

У процесі будівництва та під час експлуатації будівель та інженерних споруд на них діють різноманітні навантаження і впливи, опір яким чинять матеріали конструкцій. Загальне навантаження складається з дії зовнішніх впливів і ваги конструкцій будівлі чи споруди та їхнього інженерного обладнання (рис. 1.22). У будівельних конструкціях під впливом навантажень виникають внутрішні напруження. Поведінка конструктивних елементів будівель у напруженому стані вивчається дисципліною «Будівельна механіка».

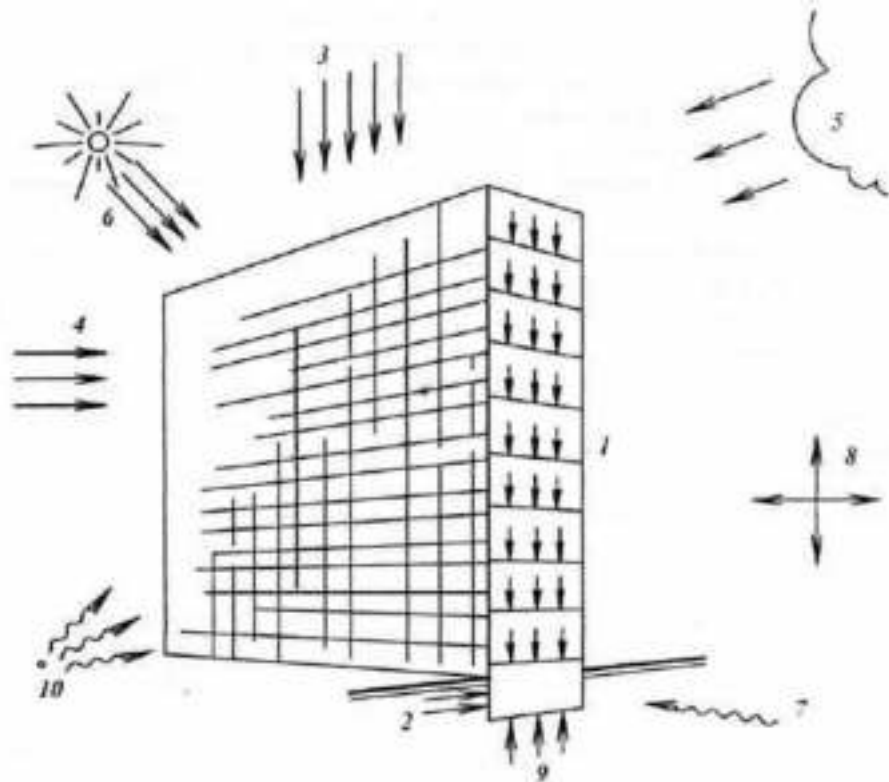


Рис. 1.22. Навантаження та впливи на будівлю:

1 – вага конструкцій та обладнання; 2 – тиск ґрунту; 3 – снігові та ожеледні навантаження; 4 – вітрові навантаження; 5 – температурні впливи; 6 – сонячна радіація; 7 – впливи деформацій ґрунтових основ; 8 – особливі навантаження (сейсмічні, вибухові тощо); 9 – впливи ґрунтової вологоти; 10 – впливи шуму

Основою для визначення навантажень і впливів на будівлі та споруди є архітектурно-конструктивний проект, у якому розробляються об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, а також визначаються будівельні матеріали і розміри конструктивних елементів.

Під час експлуатації будівель, зусилля, що діють в її елементах, постійно змінюються внаслідок змін навантажень. Для забезпечення надійної роботи будівель необхідно виконувати розрахунок основних конструктивних елементів на такі сполучення навантажень, які викликають найбільші зусилля у цих елементах за весь період експлуатації. Задача визначення внутрішніх зусиль у конструкціях від заданих навантажень вирішується за правилами будівельної механіки. Складність розрахунків конструкції полягає в тому, що величину їх майбутніх навантажень, необхідно визначити із найбільшим ступенем вірогідності на основі розробленого архітектурно-конструктивного проекту.

Навантаження – це силові впливи, які викликають зміну напруженого стану і деформації в конструкціях будівель і споруд та їх ґрунтових основах.

Вплив – це будь-яка причина, в результаті якої в конструкції змінюються внутрішні напруження, деформації або інші параметри стану.

Силовий вплив – це вплив, під яким розуміються як безпосередні впливи від навантажень, так і впливи від зміщення опор, зміни температури, усадки та інших подібних явищ, що викликають реактивні сили.

Навантаження та впливи [14] поділяють на механічні та немеханічної природи.

Механічні навантаження або силові впливи (навантаження), які безпосередньо враховують у розрахунках, розглядають як сукупність навантажень силових впливів, прикладених до конструкцій, або як вимушені переміщення та деформації елементів конструкції.

Залежно від причини виникнення навантаження і впливи поділяють на *основні* та *епізодичні*.

Основне навантаження – це навантаження, яке з'являється у результаті людської діяльності або впливу природних явищ.

Епізодичне навантаження – це навантаження, що реалізується надзвичайно рідко (однi або декілька разів протягом терміну служби будівлі або споруди) і тривалість дії якого обмежується в часі коротким терміном. Як правило, епізодичними є сейсмічні та вибухові впливи, аварійні навантаження та впливи, обумовлені деформаціями ґрунтових основ (просідаючих, підроблених, карстових).

Залежно від змінюваності у часі, навантаження і впливи поділяють на *постійні* та *змінні*.

Постійне навантаження – це навантаження, що діє практично не змінюючись протягом терміну служби будівлі або споруди, і для якого можна нехтувати зміною його значення у часі порівняно з середнім.

Змінне навантаження – це навантаження, для якого не можна нехтувати зміною його значення у часі щодо середнього.

Залежно від тривалості неперервної дії, змінні навантаження і впливи поділяють на *тривалі*, *короткочасні* та *епізодичні*.

Тривале навантаження – це змінне навантаження, тривалість дії якого може наближатися до встановленого терміну експлуатації конструкції.

Короткочасне навантаження – це змінне навантаження, яке реалізується багато разів протягом терміну служби споруди і у якого тривалість дії набагато менша від встановленого терміну експлуатації.

До *постійних навантажень* відносяться:

- вага частин споруд, у тому числі, вага несучих та огорожувальних конструкцій;
- вага та тиск ґрунтів (насінів, засипок), ґрунтий тиск;
- зусилля від попереднього напруження, що зберігається у конструкції чи в основі.

До *змінних тривалих навантажень* відносяться:

- вага тимчасових перегородок, підливок та підбетонів під обладнання;
- вага стаціонарного обладнання: верстатів, апаратів, моторів, місткостей, трубопроводів, стрічкових конвеєрів, постійних підйомних машин, а також вага рідких і твердих речовин, що заповнюють обладнання;

- тиск газів, рідин та сипучих тіл у місткостях і трубопроводах, надлишковий тиск та розріджене повітря, що виникає при вентиляції шахт;
- навантаження на перекриття від складованих матеріалів і стелажного обладнання у складських приміщеннях, холодильниках, зерносховищах, книгосховищах, архівах та подібних приміщеннях;
- температурні технологічні впливи від стаціонарного обладнання;
- вага шару води на водонаповнених плоских покриттях;
- вага відкладень промислового пилу;
- навантаження від людей, худоби та обладнання на перекриття будівель із квазіпостійними розрахунковими значеннями;
- вертикальні навантаження від мостових та підвісних кранів із квазіпостійними розрахунковими значеннями;
- снігові навантаження із квазіпостійними розрахунковими значеннями;
- температурні кліматичні впливи із квазіпостійними розрахунковими значеннями;
- впливи, обумовлені деформаціями основи, які не супроводжуються докорінною зміною структури ґрунту;
- впливи, обумовлені зміною вологості, компонентів агресивного середовища, усадкою і повзучістю матеріалів.

До *змінних короточасних навантажень* відносяться:

- навантаження від устаткування, що виникають у пусковому, зупинному, перехідному та випробувальному режимах, а також під час його перестановки чи заміни з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- вага людей, ремонтних матеріалів у зонах обслуговування та ремонту устаткування з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- навантаження від людей, худоби, устаткування на перекриття будівель з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- навантаження від рухомого підйомно-транспортного устаткування (навантажувачів, електрокарів, кранів-штабелерів, тельферів), а також від мостових і підвісних кранів з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- снігові навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- температурні кліматичні впливи з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- вітрові навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями;
- ожеледні навантаження з граничними чи експлуатаційними розрахунковими значеннями.

Основою для призначення величини навантаження є *характеристичні значення навантажень*, які надають замовники, технологи, нормативні документи тощо. Для розрахунків конструкцій будівель використовують *розрахункові навантаження*, які у залежності від мети розрахунку приймають із відповідними коефіцієнтами та називають: *граничними, експлуатаційними, циклічними або квазіпостійними*. Величина таких коефіцієнтів часто визначається у залежності від терміну експлуатації будівлі або споруди.

Граничне розрахункове значення навантаження – це значення навантаження, що відповідає екстремальній ситуації, яка може виникнути не більш як один раз протягом терміну експлуатації конструкції, та використовується для перевірки граничних станів першої групи, вихід за межі яких еквівалентний повній втраті працездатності конструкції (розрахунки на міцність, стійкість тощо).

Експлуатаційне розрахункове значення навантаження – це значення навантаження, що характеризує умови нормальної експлуатації конструкції. Як правило, експлуатаційне розрахункове значення використовується для перевірки граничних станів другої групи, пов'язаних із труднощами нормальної експлуатації, наприклад, виникнення неприпустимих переміщень конструкції, неприпустима вібрація та неприпустимо велике розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях тощо.

Циклічне розрахункове значення навантаження – це значення навантаження, яке використовується для розрахунків конструкцій на витривалість і визначається, як гармонійний процес, еквівалентний за результуючою дією на конструкцію реальному випадковому процесу змінного навантаження.

Квазіпостійне розрахункове значення – це нормативне навантаження з пониженим коефіцієнтом, яке використовують для врахування реологічних (деформативних) процесів, що відбуваються під дією змінних навантажень, і визначають як рівень такого постійного впливу, що еквівалентний за результуючою дією фактичному випадковому процесу навантаження.

При визначенні граничних, експлуатаційних або квазіпостійних розрахункових значень навантажень на конструкції будівель від вітрового тиску, снігу та ожеледиці за картами районування території України (рис. 2.6 – 2.9) або таблицею додатку 3 знаходяться характеристичні значення для конкретного населеного пункту, та множаться на відповідні граничні, експлуатаційні або квазіпостійні коефіцієнти.

До *епізодичних навантажень* належать:

- сейсмічні впливи;
- вибухові впливи;
- навантаження, викликані різкими порушеннями технологічного процесу, тимчасовою несправністю чи руйнуванням обладнання;
- впливи, обумовлені деформаціями основи, які супроводжуються докорінною зміною структури ґрунту (при замочуванні просідаючих ґрунтів) або його осіданням у районах гірничих виробок і у карстових районах.

У деяких випадках, які встановлюють у залежності від умов зведення та експлуатації будівель, враховують *інші навантаження*, наприклад, спеціальні технологічні, впливи зволоження та усадки, впливи агресивного середовища тощо.

До *навантажень і впливів немеханічної природи* навколишнього середовища на будівлі та їх конструктивні елементи, які здатні викликати зміну їх технічного стану, належать:

- *зміна температури зовнішнього повітря*, що викликає зміни лінійних розмірів конструкцій будівлі та призводить до появи силових впливів при жорстких закріпленнях конструкцій;
- *атмосферна і ґрунтова волога*, а також пароподібна волога, що знаходиться у повітрі атмосфери та приміщень і викликає зміни властивостей матеріалів, з яких виготовлені конструкції будівель;

– *рух повітря*, що викликає вітрові та ожеледно-вітрові навантаження, а також зміну теплового і вологісного режиму при проникненні через щарпини та пори матеріалів конструкцій всередину приміщень;

– *променева енергія сонця* або сонячна радіація, що викликає зміни фізико-технічних властивостей матеріалів огорожувальних конструкцій (старіння пластмас, плавлення бітуму тощо), а також зміни теплового та світлового режимів приміщень;

– *агресивні водорозчинні домішки* та кисень у повітряному середовищі й атмосферних опадах, що призводять до руйнування матеріалу конструкцій будівель у результаті хімічної корозії;

– *біологічні впливи* від мікроорганізмів, грибків і комах, які руйнують конструкції з органічних матеріалів, переважно деревину;

– *звукова енергія* від джерел, що знаходяться поза або всередині будівель, та порушує нормальний акустичний режим у приміщеннях;

– *блукуючі струми*, що руйнують підземні сталеві конструкції будівель й інженерні мережі та прискорюють корозію електрозварних з'єднань.

Впливи немеханічної природи або несилові, як правило, враховуються у розрахунках опосередковано.

Розрахунок конструкцій будівель та основ фундаментів виконують *за граничними станами першої та другої груп* з урахуванням найбільш несприятливих сполучень навантажень або зусиль, які їм відповідають.

Сполучення навантажень формують, як набір їх розрахункових значень або відповідних їм зусиль і/або переміщень, що використовуються для перевірки конструкції або основи у певному граничному стані та в певній розрахунковій ситуації. Припускається, що всі навантаження в обраному сполученні одночасно впливають на об'єкт розрахунку.

До сполучення повинні входити навантаження, які найбільш несприятливо впливають на конструкції або ґрунтові основи з точки зору граничного стану, що розглядається. Впливи, які взаємно виключають один одного, не можуть входити до одного сполучення.

При розрахунках конструкцій будівель можуть бути використані сполучення двох типів – *основні та аварійні*.

Основні сполучення навантажень – це сполучення навантажень або відповідних їм зусиль і/або переміщень для перевірки конструкцій будівель та споруд у стабільних і у перехідних розрахункових ситуаціях.

Аварійні сполучення навантажень – це сполучення навантажень або відповідних їм зусиль і/або переміщень для перевірки конструкцій будівель в аварійних розрахункових ситуаціях.

Для перевірки граничних станів першої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з граничними розрахунковими значеннями, граничні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень.

Для перевірки граничних станів другої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з експлуатаційними розрахунковими

значеннями, а також експлуатаційні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень.

До аварійного сполучення, крім постійних і змінних, навантажень може входити тільки один епізодичний вплив.

Мала ймовірність одночасної реалізації розрахункових значень декількох навантажень розраховується множенням розрахункових значень навантажень, що ввійшли у сполучення, на коефіцієнт сполучення $\psi \leq 1$.

Для основних сполучень, які включають постійні та не менш ніж два змінні навантаження, останні приймаються з коефіцієнтом сполучень: для тривалих навантажень $\psi_1 = 0,95$, а для короткочасних навантажень $\psi_2 = 0,90$.

Для аварійних сполучень, які включають постійні та не менш як два змінні навантаження, останні приймаються з коефіцієнтом сполучень: для тривалих навантажень $\psi_1 = 0,95$, а для короткочасних навантажень $\psi_2 = 0,80$. Аварійне навантаження приймається з коефіцієнтом сполучень $\psi_1 = 1,00$.

1.4.2. Деформації та граничні стани будівельних конструкцій

Конструктивний елемент будівлі вважається навантаженим, якщо на нього діє зосереджена сила або рівномірно розподілені навантаження. При сприйнятті навантажень конструкції та їх елементи деформуються.

Деформація – це зміна форми або розмірів тіла під впливом фізичних факторів, наприклад, зовнішніх сил, нагрівання, охолодження, зміни вологості тощо.

Деформації в будівельних конструкціях, які є твердими тілами, поділяють: за ознаками розвитку – на стійкі та нестійкі; за ознаками зв'язку із силовими факторами – на лінійні та нелінійні; за часовим фактором – на миттєві пружні, миттєві пластичні та запізнілі; за енергетичними ознаками – на зворотні та незворотні.

Пружна деформація – це деформація, яка повністю зникає після усунення причини, що її викликала.

Пластична деформація – це деформація твердого тіла під впливом навантаження, обумовлена розвитком зсувів у матеріалі, що відбувається без порушення його суцільності, яка не зникає після зняття навантаження.

За термінологією теорії пружності деформацією називають відносні подовження та кути зсуву, а всі інші величини, які характеризують зміни розмірів і форм (прогини, кути закручування тощо), називають переміщеннями.

Деформативність – це властивість податливості матеріалів конструкцій до зміни початкової форми, на яку впливає структура і механічні властивості матеріалів: міцність, пружність, пластичність, крихкість, твердість.

Міцність – це здатність матеріалу без руйнування сприймати фізичні впливи, які супроводжують виникнення внутрішніх напруг.

Пружність – властивість матеріалу деформуватися під впливом навантажень і впливів, які пов'язані з виникненням внутрішніх сил (напруг), і повністю відновлювати свою початкову форму та об'єм після припинення дії навантажень і впливів, які викликають деформацію.

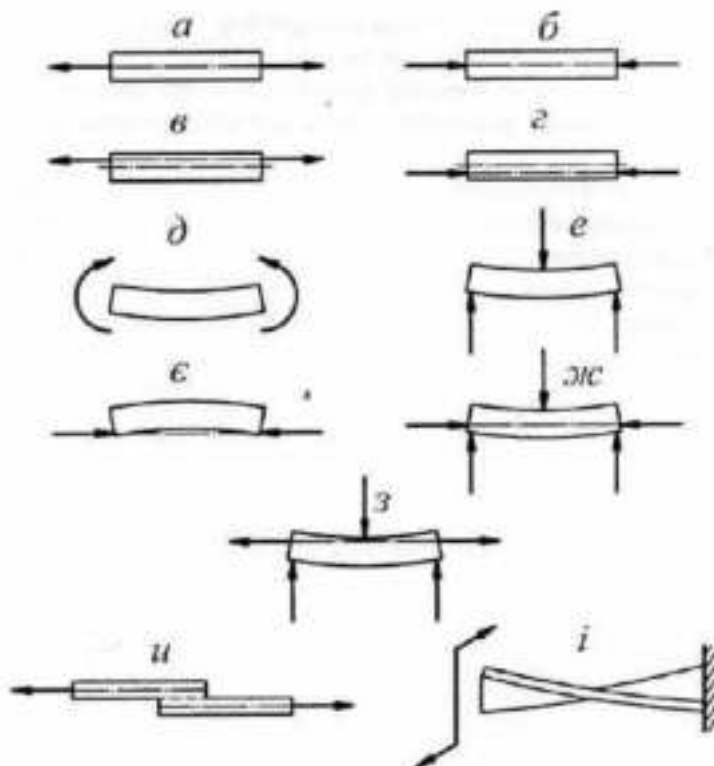


Рис. 1.23. Види деформацій елементів конструкцій будівель:

а – центральний розтяг; б – центральний стиск; в – позакентровий розтяг; г – позакентровий стиск; д – чистий згин; е – поперечний згин; ж – поздовжній згин; з – стиск-згин (поздовжньо-поперечний згин); и – розтяг-згин (поздовжньо-поперечний згин); и – зрушення; і – кручення

Пластичність – властивість матеріалу під впливом зовнішніх сил змінювати свою форму і розміри без відновлення та зберігати залишкові (пластичні) деформації після усунення цих сил.

Крихкість – здатність твердих тіл руйнуватися при механічних впливах без помітної пластичної деформації.

Твердість – це здатність матеріалу чинити опір пластичній деформації або крихкому руйнуванню в поверхневому шарі при місцевих контактних силових впливах.

Однією з важливих властивостей конструкції є її **жорсткість** – характеристика, що оцінює здатність конструкції чинити опір деформаціям.

Деформація конструкції – це зміна форми і (або) розмірів конструкції або її частини під впливом навантажень і впливів немеханічної природи (рис. 1.23).

При навантаженні будівельні конструкції деформуються та можуть зазнавати деформацій центрального розтягу, центрального стиску, позакентрового розтягу,

позацентрального стиску, згину, поперечного згину, позовжнього згину, позовжньо-поперечного згину, зрушення, кручення.

Стиск-розтяг – це деформації конструктивного елемента або його частини під впливом навантажень, рівнодіюча яких перпендикулярна до його поперечного перерізу.

Наприклад, у фундаменті, що навантажений вагою конструкцій будівлі та сприймає сили стиску, виникають напруги стиску. Міцність на стиск у різних матеріалів різна. Вона переважно збільшується при збільшенні густини матеріалу. Для сприйняття зусиль стиску підходять такі матеріали, як метал, бетон, природний камінь, цеглина кладка, дерево. Високу міцність на стиск повинні мати фундаменти, несучі стіни, опори та колони будівель. Чим менше площа опори конструкції, тим більше величина тиску на інше розташовану несучу конструкцію (рис. 1.24).

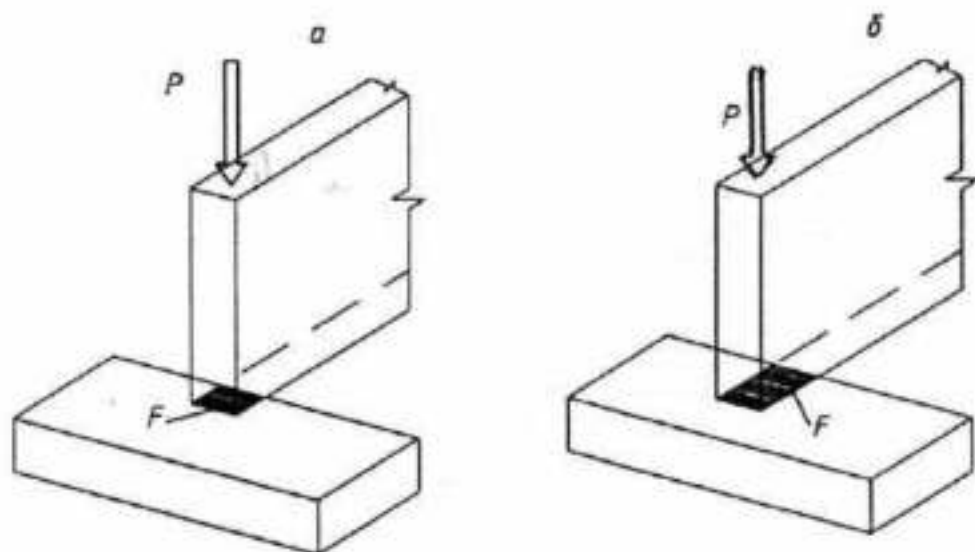


Рис. 1.24. Деформації стиску:

a – маленька площа опори і велика величина тиску на нижче розташовану конструкцію;

б – більша площа опори і менша величина тиску на нижче розташовану конструкцію

Прикладами будівельних конструкцій, які працюють на розтяг, є канатна розтяжка та її анкери (рис. 1.25), металева арматура в залізобетонних конструкціях.

Згин – це вид деформації, який характеризується викривленням осі або середньої поверхні конструктивного елемента під впливом зовнішніх навантажень або температурно-усадочних впливів (рис. 1.26).

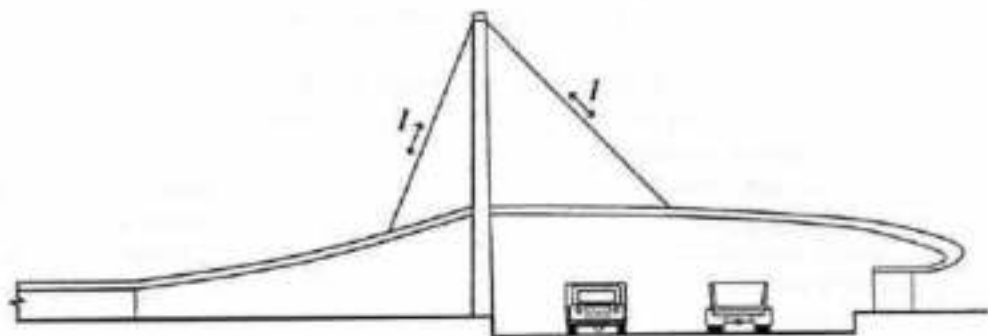


Рис. 1.25. Деформації розтягу в металевому канаті висячого моста:
1 – розтяг

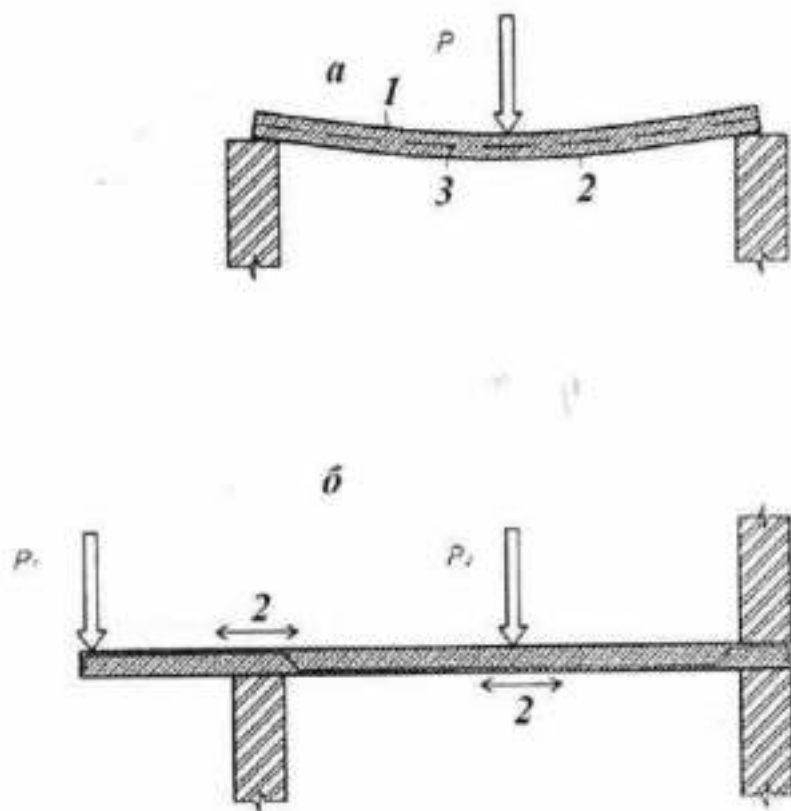


Рис. 1.26. Стани розтягу і стиску при згині балки:
a – балка на двох опорах; *b* – балка перекриття з консольним випуском; 1 – стиск;
2 – розтяг; 3 – нейтральна зона

Балка, що спирається на дві опори буде згинатися, якщо сили діють на неї перпендикулярно до її поздовжньої осі. При згині, на верхній поверхні поперечного перерізу балки виникають зусилля стиску, а на нижній – зусилля розтягу. Приблизно в середині перерізу балки сили розтягу і стиску взаємно знищуються. Цю область перерізу називають нейтральною зоною або нульовою лінією (рис. 1.26, а).

На згин працюють балки, плити перекриттів і покриттів будівель, ригелі каркасних будівель, перемички над прорізами в стінах, крокви та підкрювані балки. Тому конструкції, що працюють на згин, виготовляють з таких матеріалів, які можуть сприймати зусилля стиску і розтягу – метал або залізобетон із розташуванням арматури в розтягнутих зонах (рис. 1.26, б).

Поздовжній згин – це деформація осі стрижня поздовжніми силами, що стискають його та намагаються змінити кривину його осі.

Колони, стояки і розкоси будівель при навантаженнях силами стиску за їх довжиною можуть вигинатися вбік і втрачати несучу здатність (рис. 1.27). Міцність конструкції на поздовжній згин залежить від її матеріалу, форми і розмірів поперечного перерізу та довжини конструкції, l . Найбільш доцільно на поперечний згин працюють конструкції з круглою або квадратною формою поперечного перерізу.

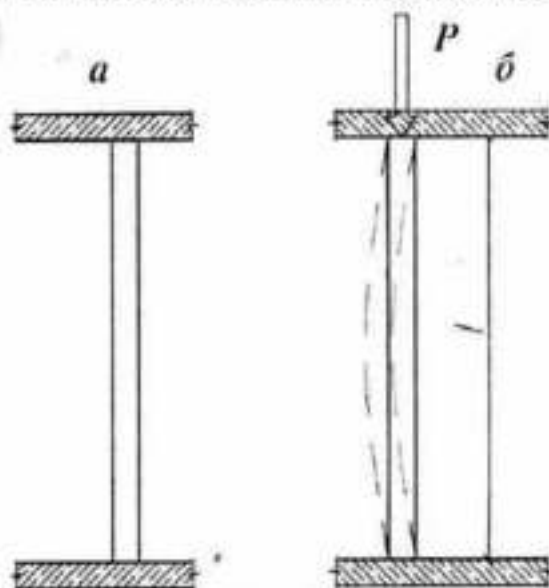


Рис. 1.27. Поздовжній згин у колонах:

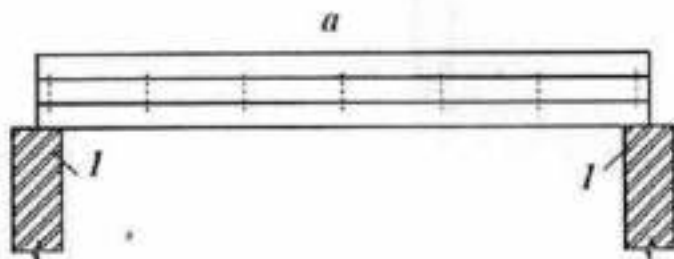
а – ненавантажена; б – навантажена; l – довжина поздовжнього згину

Зсування (зсув) – це вид деформації конструктивного елемента, який характеризується зміною кутів елементарних паралелепіпедів без зміни розмірів їх граней під впливом дотичних напруг.

Наприклад, балки покладені одна на другу і навантажені так, що працюють на згин, будуть зсуватися відносно одна до одної уздовж поздовжньої осі за напрямом до опор (рис. 1.28). Якщо такі балки скріпити між собою, зсуву не буде, а на площинах з'єднання виникнуть напруги зсуву. В залізобетонних балках, які працюють

Рис. 1.28. Зрушення:

a – ненавантажені балки, покладені одна на другу;
б – балки навантажені силою P ; I – опори



на згин, для сприйняття напруг зсуву передбачають спеціальну поперечну та нахилену арматуру.

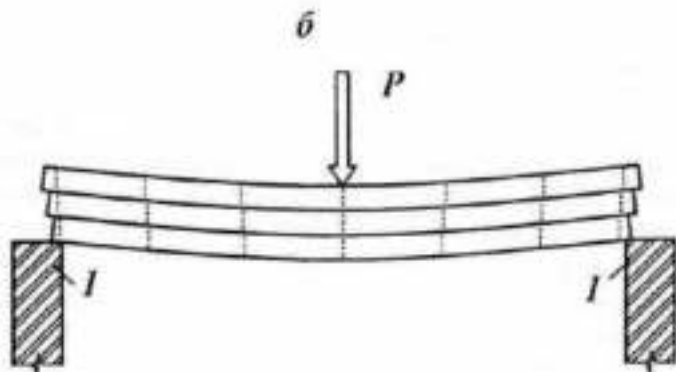
Кручення – це вид деформації, що характеризується взаємним поворотом поперечних перерізів стрижня, вала тощо, під впливом моментів (пар сил, які діють в цих перерізах) і супроводжується виникненням у поперечних перерізах тільки дотичних напруг (рис. 1.23, *г*).

Наприклад, при укручуванні шурупа у дерево уздовж його осі діють обертові сили, що направлені вправо та сили тертя, що направлені уліво. Такі обертові сили, які діють у протилежних напрямках, навантажують шуруп так, що він працює на кручення. Кручення виникає в усіх конструктивних елементах будівлі, які передають крутний момент упоперек своєї поздовжньої осі.

Перекидання та ковзання – це види деформацій конструктивного елемента, що супроводжуються перекиданням або ковзанням по площині спирання при дії на них горизонтальних або нахилених сил.

Конструктивні елементи, що навантажені горизонтальними або нахиленими силами (вітру, тиском ґрунту або води), моментами, не повинні перекидатися або ковзати по площині спирання (рис. 1.29). Стійкість на перекидання та ковзання таких конструкцій залежить від розмірів площі опорної частини, від їх висоти, власної ваги, а також положення центру ваги. Сили тертя на площинах спирання конструктивних елементів повинні бути такими великими, щоб конструкції не ковзали.

Сили зчеплення молекул всередині матеріалу навантаженого елемента чинять опір зовнішнім навантаженням. Для того щоб усі будівельні конструкції могли витримати вплив на них зовнішніх сил, вони повинні мати відповідну міцність.



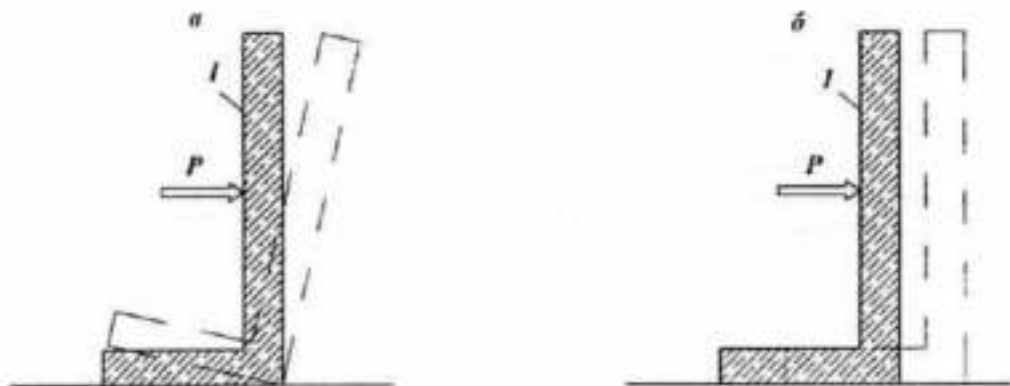


Рис. 1.29. Перекидання та ковзання:

a – перекидання; *б* – ковзання; *l* – підпірна стінка; *P* – рівнодіюча тиску ґрунту

Міцність конструкцій – це сила, яка чинить опір зовнішнім навантаженням, для того щоб не втратити форму і не зруйнуватися. Наприклад, під впливом зовнішньої сили розтягу сталевий канат, він буде знаходитися у напруженому стані, тобто у стані внутрішнього опору розриву, який називають напругою.

Напруга – це сила внутрішнього опору конструктивного елемента, віднесена до площі її поперечного перерізу, яку позначають σ , кПа.

Напруга у конструктивному елементі збільшується із збільшенням зовнішнього навантаження. При надмірно великих навантаженнях на конструктивні елементи в них з'являються великі напруги і вони руйнуються. **Напругою руйнування** називають напругу в елементі, яка досягнута при її руйнуванні.

Будівельні конструкції можна навантажувати тільки до визначеного рівня напруги, яку називають **допустимою напругою**. За міркуваннями безпечної експлуатації будівлі, існуюча напруга в її конструктивних елементах повинна бути менше або дорівнювати допустимій напрузі.

Руйнування матеріалу конструкцій – це макроскопічне порушення суцільності матеріалу у результаті навантажень і впливів. Зазвичай, руйнування відбувається одночасно з пружною чи пластичною деформацією. Розрізняють початкове руйнування (утворення і розвиток тріщин та інших порушень суцільності) і повне руйнування (розділення тіла на частини), а саме: крихке руйнування (без значних пластичних деформацій) і пластичне руйнування від утомленості, руйнування від тривалої дії навантаження та інші види.

Розрізняють такі види руйнування: розрив, роздавлювання, злом, зрізування, сколювання, змінання (рис. 1.30).

Розрив – це руйнування в результаті розтягу елемента конструкції під впливом поздовжніх (розтягуючих) сил. Опір розриву – це напруга, яка визначається відношенням розтягуючого навантаження у момент розриву до найменшої площі поперечного перерізу елемента у місці розриву (рис. 1.30, *a*).

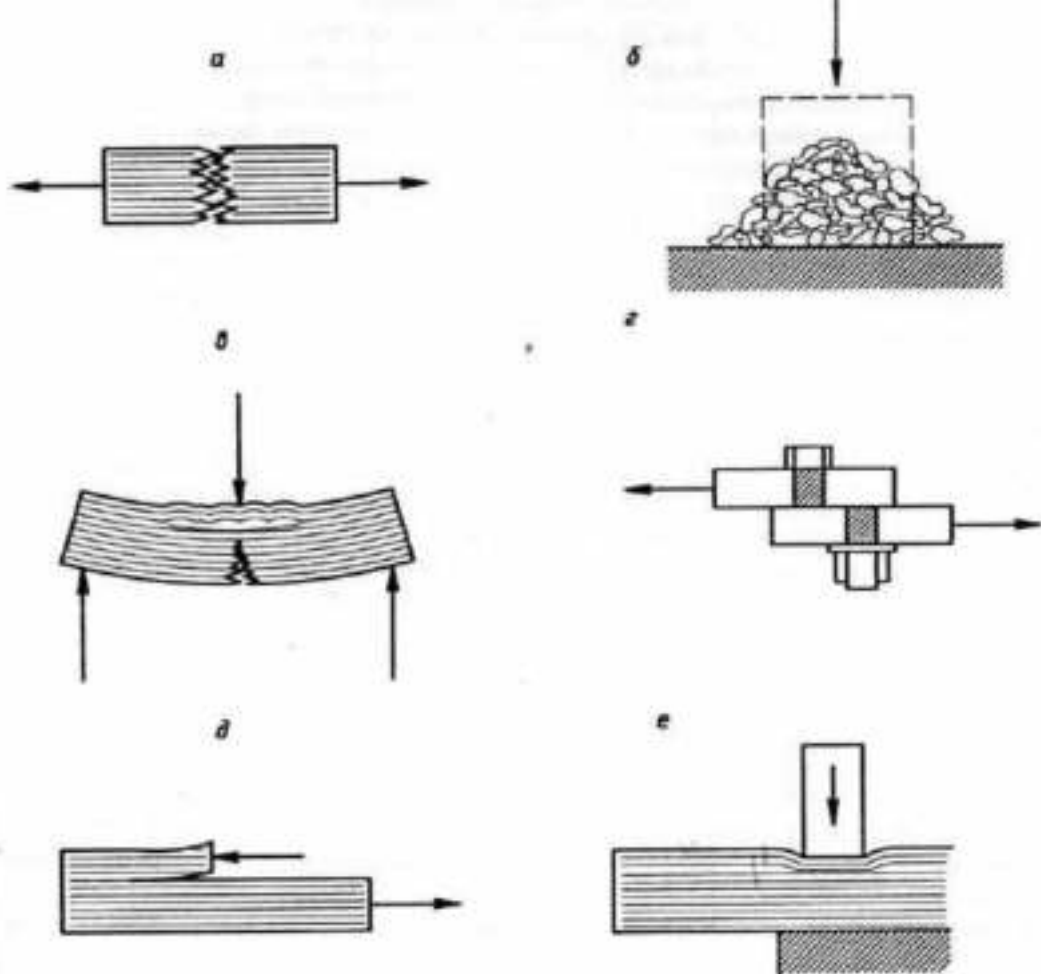


Рис. 1.30. Види руйнування елементів конструкцій:

а – розрив; б – роздавлення; в – злом; г – зрізування; д – сколювання; е – змінання

Роздавлення – це руйнування у результаті стиску елемента конструкції під впливом стискуючих сил, яке характерне для крихких матеріалів (рис. 1.30, б).

Злом – поверхня, утворена після руйнування матеріалу конструкції при згині. Розрізняють: крихкий злом (у скла, кераміки), в'язкий злом із залишками місцевої пластичної деформації на поверхні (у металів), злом від утомленості після руйнування у результаті багатократного навантаження, злом уповільненого руйнування після тривалого статичного навантаження (рис. 1.30, в).

Зрізування – руйнування конструктивного елемента в результаті зсуву однієї частини матеріалу відносно іншої, що виникає під впливом дотичних напружень (рис. 1.30, г). На навантаження зрізування, які можуть зрізати з'єднаний елемент, працюють на-

кладні з'єднання, наприклад, болт у поперек його довжини. Такі навантаження називають силами зрізу, а їх максимальне значення – міцністю на зрізування. Напруги зрізування можуть з'явитись у гвіздках, шурупах, болтах, нагелях, заклепках і двобелях.

Сколювання – це руйнування у результаті зрушення (зсуву) однієї частини матеріалу конструкції відносно іншої під впливом дотичних напруг (рис. 1.30, *д*).

Зминання – поверхнєве місцеве руйнування під впливом навантажень стиску, яке супроводжується залишковими деформаціями матеріалу. Виникає у місцях передачі значних навантажень на невелику площу матеріалу (рис. 1.30, *е*).

Будівельні конструкції та ґрунтові основи розраховують за **методом граничних станів**, основні положення якого направлені на забезпечення безвідмовної роботи конструкцій та ґрунтових основ із урахуванням змінності властивостей матеріалів, ґрунтів, навантажень і впливів, геометричних характеристик конструкцій, умов їх роботи, а також ступеню відповідальності (народногосподарського значення) будівлі або споруди, що визначається матеріальними та соціальними збитками. При виконанні розрахунків усі перелічені особливості майбутньої експлуатації конструкцій враховуються трьома основними коефіцієнтами надійності: γ_f – за навантаженням; γ_m – за матеріалом; γ_R – за відповідальністю. Значення цих коефіцієнтів обґрунтовані методами математичної статистики.

Граничний стан – це стан, за якого подальша експлуатація будівельного об'єкта (конструкції, ґрунтової основи, будівлі або споруди в цілому) недопустима, пов'язана з труднощами або недоцільна, тобто перестає задовольняти експлуатаційним вимогам чи вимогам будівельно-монтажних робіт.

Граничні стани поділяють на дві групи:

– **перша група** включає граничні стани, які ведуть до повної нездатності для експлуатації конструкцій, основ будівель і споруд у цілому або до повної (часткової) втрати несучої здатності будівель і споруд у цілому;

– **друга група** включає граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію конструкцій (основ) або зменшують довговічність будівель і споруд порівняно з передбаченим терміном служби.

Розрахунок за граничним станом першої групи повинен унебезпечити конструкції, ґрунтові основи, будівлі або споруди від (рис. 1.31):

– крихкого, в'язкого або іншого характеру руйнування (розрахунок за міцністю з урахуванням у необхідних випадках прогину конструкції перед руйнуванням);

– втрати стійкості форми конструкції (розрахунок на стійкість тонкостінних конструкцій тощо) або її положення (розрахунок на перекидання та ковзання підпирних стін, розрахунок на спливання заглиблених або підземних резервуарів, насосних станцій тощо);

– руйнування від утомленості (розрахунок на витривалість конструкцій, які знаходяться під впливом багатократно повторних циклічних навантажень, рухомих або пульсуючих: підкранових балок, шпал, перекриттів під обладнання тощо);

– руйнування під сумісним впливом силових факторів і несприятливих впливів зовнішнього середовища (впливів агресивного середовища, температури, вогню тощо).

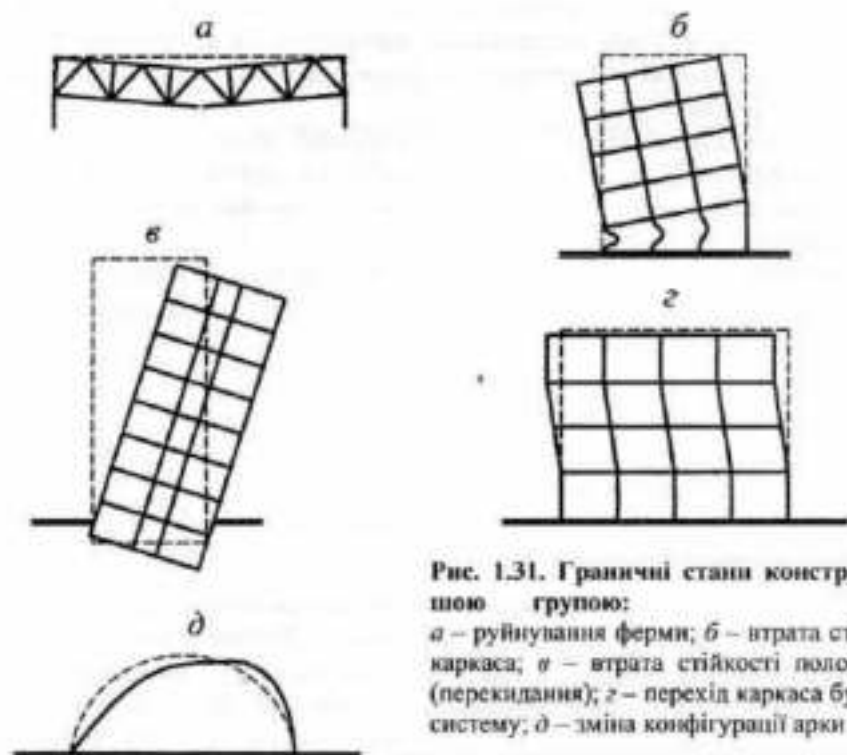


Рис. 1.31. Граничні стани конструкцій за першою групою:

a – руйнування ферми; *б* – втрата стійкості форми каркаса; *в* – втрата стійкості положення будівлі (перекидання); *г* – перехід каркаса будівлі у змінну систему; *д* – зміна конфігурації арки

Розрахунок за граничним станом другої групи повинен унебезпечити конструкції, ґрунтові основи, будівлі або споруди від:

- утворення тріщин, а також їх надмірного або тривалого розкриття, якщо за умовами експлуатації утворення або тривале розкриття тріщин недопустиме;
- надмірних переміщень (прогинів, кутів перекосу і повороту, коливань).

Характеристики граничних станів для металевих конструкцій наведено у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9

Характеристика граничних станів [43]

| Група граничних станів | Граничні стани | |
|------------------------|--|--|
| | Вид | Характеристика |
| Перша | Несуча здатність | Руйнування пластичне, крихке і внаслідок втоми. Втрата стійкості форми або положення. Перехід до змінної системи |
| | Повна непридатність до експлуатації | Поява текучості матеріалу, зсувів у з'єднаннях, резонансних коливань, Якісна зміна конфігурації |
| Друга | Непридатність до нормальної експлуатації | Поява недопустимих переміщень внаслідок прогину, горизонтальних зсувів, повороту, коливань тощо. |

Досягнення того чи іншого граничного стану визначають при розрахунках конструкцій, враховуючи можливі несприятливі відхилення характеристик матеріалу, значень і поєднань діючих навантажень, а також особливості умов виконання робіт та експлуатації будівель.

Особливістю розрахунків будівельних конструкцій за методом граничних станів є те, що розрахункові моделі конструктивних елементів розглядаються у припущенні їх ідеальної форми або з такими недоскональностями, які не перевищують характеристикних (нормативних).

У теорії надійності металевих і залізобетонних конструкцій одним із основних є напрямок, який розвиває уявлення про надійність будівельних конструкцій, як функцію коефіцієнта запасу міцності K :

$$K = \frac{\Phi}{N} > 1, \quad (1.1)$$

де N – зусилля в елементі, як функція випадкового навантаження;

Φ – несуча здатність елемента, як функція випадкової міцності металу або залізобетону.

Але аналіз причин аварій будівельних конструкцій свідчить, що руйнування відбуваються не тільки внаслідок недостатнього коефіцієнта запасу міцності K , а й із багатьох інших причин, наприклад, невдалий вибір конструктивної схеми роботи конструкції або будівлі, відсутність деформаційних швів в будівлях, помилки при проектуванні, монтажі або виготовленні конструкцій, наявність в них дефектів і пошкоджень тощо.

1.5. Деформаційні шви будівель

Деформація будівлі – це зміна форми та розмірів, а також втрата стійкості (осадка, зрушення, нахил тощо) будівлі під дією навантажень і впливів.

В конструктивних елементах будівель виникають напруги від температурно-кліматичних впливів, сонячного тепла та морозу. Нагрівання будівельних конструкцій призводить до збільшення їх об'єму і розмірів, а охолодження – до зменшення. При великих розмірах будівель напруги в конструкціях від температурних впливів можуть досягти великих значень, перевищити допустимі та привести до руйнування будівлі.

Принцип дії температурних деформацій зображений на схемі одноповерхової каркасної будівлі довжиною L (рис. 1.32, а) [45]. Основи колон і фундаменти розташовані у зоні відносно постійної температури, а тому в рівні підлоги розмір L не змінюється. Розміри за довжиною покриття, які зазнають найбільших температурних впливів, змінюються за довжиною на величину

$$\pm \Delta L_t = L \cdot \alpha \cdot \Delta t, \quad (1.2)$$

де α – коефіцієнт температурного лінійного розширення матеріалу;

Δt – амплітуда коливань температури зовнішнього повітря, К.

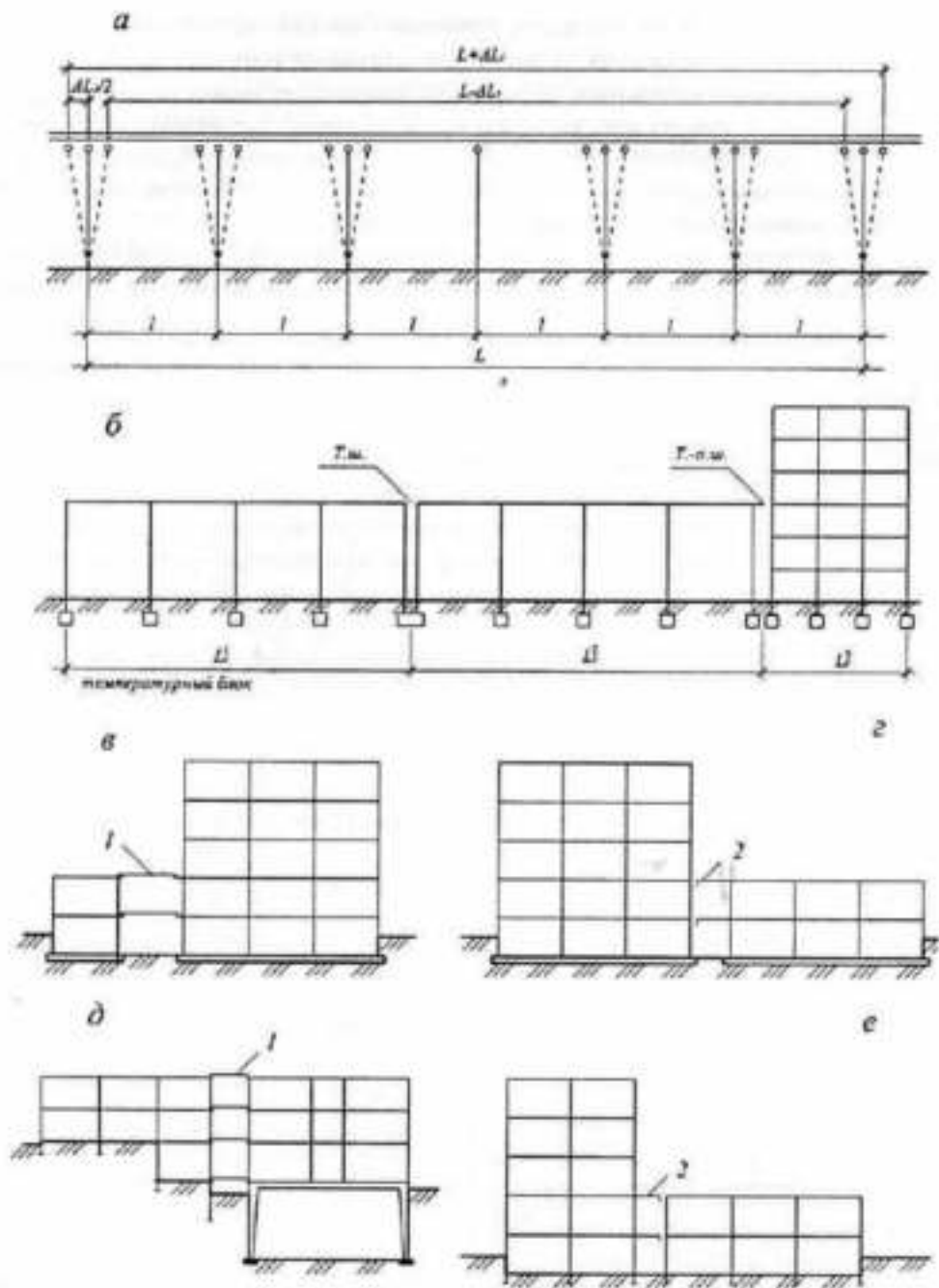


Рис. 1.32. Деформаційні шви і блоки будівель:

а – схема температурних деформацій в конструкції покриття одноповерхової будівлі;
 б – схема розміщення деформаційних швів; в, г, д, е – схеми рішень деформаційних швів
 для сприйняття нерівномірної осадки двох частин будівель із різною кількістю поверхів;
 1 – «вкладений прогін»; 2 – одностороння консоль

Із схеми (рис. 1.32, а) видно, що величина зміщення крайніх колон тим більша, чим більша довжина будівлі L і амплітуда коливання температури Δt .

Для запобігання небажаних деформацій, розривів та інших можливих руйнувань конструкцій у процесі проектування будівель можна установити граничні значення L . При цьому необхідно враховувати будівельну систему будівлі та розрахункові значення перепаду температур району будівництва. На практиці, зазвичай, враховують рекомендації нормативних документів.

У тих випадках, коли довжина або ширина будівлі перевищує ці гранично допустимі значення, будівлю розділяють на окремі об'єми довжиною L_0 , які називають *температурними блоками* (рис. 1.32, б). Як правило, розділяють усі наземні конструкції будівлі від верхньої позначки фундаментів до покрівлі *температурним швом* в одній площині через усю будівлю. Фундаменти такими швами не розділяють, тому що вони знаходяться у землі та не зазнають великих температурних впливів. Влаштування *температурних швів* локалізує додаткові напружки від температурних впливів у межах одного відсіку будівлі, запобігає передачі їх на конструкції суміжних відсіків і тим самим перешкоджає їх складанню та збільшенню.

Розміри температурних блоків або відстані між температурними швами залежать від конструктивно-технологічного рішення будівлі, матеріалу конструкцій, температури зовнішнього повітря (найбільш холодної п'ятиденки), експлуатаційної характеристики будівлі (опалювання) та напрямку виміру (уздовж або уперек будівлі).

Максимально допустимі відстані між температурними швами будівель, при яких впливом температур можна нехтувати при визначенні зусиль в основних елементах будівель [43, 45], наведені у табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Максимальні відстані між температурними швами будівель

| Вид конструкцій будівлі | Будівлі, що опалюються | Будівлі, що не опалюються |
|--|------------------------|---------------------------|
| Бетонні: | | |
| – збірні; | 40 | 35 |
| – монолітні. | 30 | 25 |
| Залізобетонні: | | |
| – каркасні одноповерхові; | 72 | 60 |
| – збірні багатоповерхові; | 60 | 50 |
| – каркасно-монолітні; | 50 | 40 |
| – збірно-монолітні. | 50 | 40 |
| Кам'яні: з керамічної та силікатної цегли, бетонних блоків, природних каменів: | | |
| – при температурі -30°K і нижче; | 70 | 50 |
| – при температурі -20°K і вище. | 100 | 60 |
| Металеві: | | |
| каркасні одноповерхові: | | |
| – уздовж будівлі; | 230 | 200 |
| – уперек будівлі; | 150 | 120 |
| каркасні багатоповерхові | 72 | – |

Встановлені граничні розміри температурних блоків можуть бути збільшеними тільки на підставі розрахунку несучих остовів будівель на кліматичні температурні впливи із урахуванням жорсткості стінового огородження, непружних деформацій конструкцій та піддатливості вузлів.

Будівельні конструкції, виготовлені із бетону, залізобетону або кам'яної кладки на будівельних майданчиках, а також бетонні підлоги будівель у процесі природного сушіння зазнають впливів повітряної усадки, що призводить до утворення тріщин. Усадочні деформації будівель з такими будівельними конструкціями враховують влаштуванням усадочних швів, які найчастіше збігаються з температурними, а тому їх часто називають *температурно-усадочними*.

При нерівномірних осадках будівлі, які можуть відбуватися із-за різної несучої здатності ґрунтових основ, великої різниці власної ваги окремих частин будівлі, різної висоти окремих частин будівлі, з'являються деформації, направлені по вертикалі, які можуть викликати зрушення і надмірні напруги в конструктивних елементах. Для захисту будівлі від осадочних деформацій влаштовують *осадочні шви*. На відміну від температурних, вони розрізають усі конструкції будівлі по вертикалі, включаючи фундаменти (рис. 1.32, б, в, з, д, е). Зазвичай, при влаштуванні осадочних швів температурні шви суміщають із ними, влаштовуючи *температурно-осадочні шви*.

При проектуванні будівель у сейсмічних районах України передбачають *антисейсмічні шви*, які розділяють будівлі за всією висотою на *антисейсмічні блоки*. Довжина антисейсмічних блоків дерев'яних будівель та зі стінами з ніздрюваного бетону не повинна перевищувати: при розрахунковій сейсмічності 7 і 8 балів – 40 м, 9 балів – 30 м, а всіх інших будівель – відповідно 80 м і 60 м [16].

Допускається не влаштовувати антисейсмічні шви у фундаментах: на ділянках із сейсмічністю 7 і 8 балів, а також 9 балів (для ґрунтів I та II категорій за сейсмічними властивостями), окрім випадків, коли антисейсмічний шов збігається з осадочним.

В сейсмічних районах України усі температурні та осадочні шви будівель належить виконувати як антисейсмічні.

Всі розглянуті вище шви, а саме: температурні, усадочні, осадочні, температурно-усадочні, температурно-осадочні та антисейсмічні є *деформаційними швами*, а частини будівель, розділені ними, *деформаційними блоками* (відсіками).

Деформаційні шви між відсіками будівлі повинні забезпечувати їх вільний допустимий нахил або поворот при нерівномірних деформаціях основи. Для забезпечення незалежної роботи відсіків ширина деформаційних швів призначається із розрахунку на горизонтальні переміщення і крени окремих відсіків за формулами [20] на рівні фундаменту та на рівні карнизу будівель. При цьому ширина антисейсмічних швів на кожному рівні будівлі повинна бути не менше суми власних горизонтальних зміщень відсіків від розрахункового навантаження [16], яку для будівель заввишки до 5 м належить приймати 30 мм і збільшувати на 20 мм на кожні 5 м висоти.

В несучих конструкціях будівель деформаційні шви вирішують за допомогою:

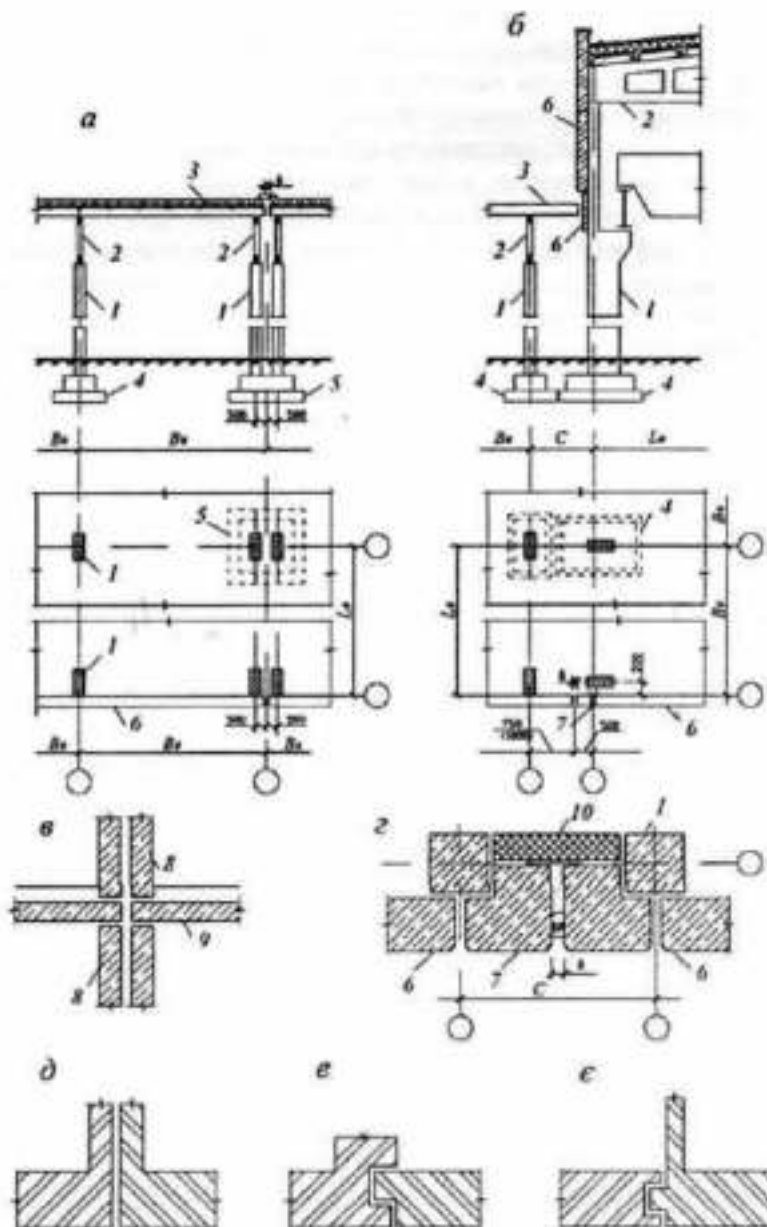


Рис. 1.33. Конструктивні рішення деформаційних швів у будівлях:

a – температурний шов у одноповерховій каркасній будівлі; *б* – осадочний шов у тій же будівлі; *в* – температурний шов у панельних будівлях; *г* – температурний шов у стінах багатоповислової каркасної будівлі; *д, е, с* – варіанти температурних швів у кам'яних стінах; *1* – колона; *2* – несуча конструкція покриття; *3* – плита покриття; *4* – фундамент під колону; *5* – фундамент під дві колони; *6* – панель стіни; *7* – панель-вставка; *8* – несуча стінова панель; *9* – плита перекриття; *10* – термовкладина

- парних колон в каркасних будівлях;
- парних стін;
- консолей перекриттів і покриттів;
- «вкладених прогонів» із ковзаючими опорами;
- швів у кладці кам'яних стін.

Із фасадного боку будівель деформаційні шви повинні бути закриті нащільниками та утеплені легко стисливим матеріалом, який не перешкоджає взаємному зміщенню зовнішніх стін при нерівномірних деформаціях основи. На рівні покриттів шви необхідно перекривати компенсаційними пристроями для захисту від попадання будівельного сміття, бетону, розчину тощо. Варіанти конструктивних рішень деформаційних швів у будівлях каркасної та стінової конструктивних систем наведені на рис. 1.33.

На відміну від несучих конструкцій будівель, для яких найголовнішою є оцінка їх роботи від силових навантажень, для огорожувальних конструкцій головними є несилові впливи: волога, температура, шум тощо. А тому для заповнення деформаційних швів в огорожувальних конструкціях використовують гнучкі та еластичні матеріали і виробні: металеві, пластмасові компенсатори та закладання еластичним заповнювачем (пороізолом, поролоном, макропористою гумою тощо), ущільнюючі прокладки, мастики, герметики, джгути, термовкладніші та інші. Заповнення поздовжніх і поперечних швів між плитами покриття, горизонтальних і вертикальних швів між стіновими панелями слід виконувати еластичним теплоізоляційним матеріалом із зачekanенням внутрішньої та зовнішньої поверхонь цементним розчином.

Величина деформаційних швів в огорожувальних конструкціях будівель визначається розрахунками, але, як правило, не повинна бути менше 20 мм.

1.6. Конструктивні системи будівель

Основною задачею при проектуванні будь-якої будівлі є вибір для неї узгодженої із замовником конструктивної та будівельної системи.

Конструктивна система будівлі – це її загальна конструктивно-статична характеристика, якою обумовлена сукупність взаємопов'язаних несучих вертикальних і горизонтальних конструкцій, що сприймають усі навантаження та впливи на них і забезпечують міцність, просторову жорсткість та стійкість будівлі.

Таким чином, конструктивна система будівлі характеризує її конструктивне рішення, що визначене видом вертикальних несучих конструкцій, які у взаємозв'язку з горизонтальними конструкціями утворюють несучий кістяк будівлі.

Горизонтальні несучі конструкції будівель, як правило, являють собою жорсткий диск (збірний, монолітний або збірно-монолітний).

Вертикальні несучі конструкції досить різноманітні: площинні (стіни, діафрагми); стрижневі (колони каркаса); об'ємно-просторові висотою в один поверх (об'ємні блоки); внутрішні об'ємно-просторові стовбури замкнутого перерізу на висоту будівлі (стовбури жорсткості); об'ємно-просторові зовнішні конструкції на висоту будівлі у вигляді тонкостінних оболонок замкнутого перерізу. У відповідності з використанням вертикальних несучих конструкцій розрізняють п'ять основних


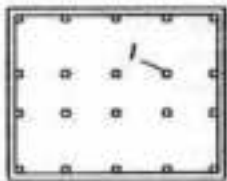
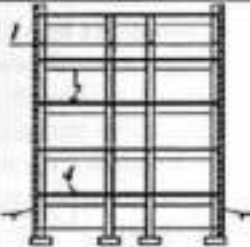
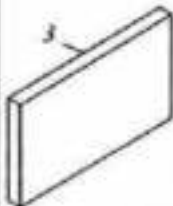
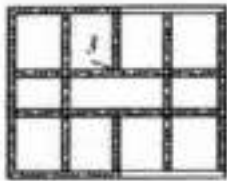
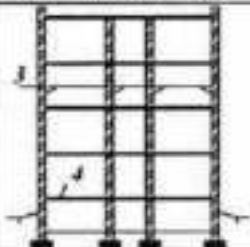
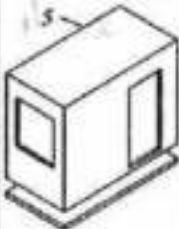
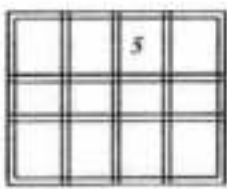
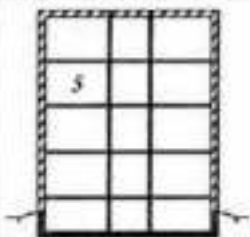
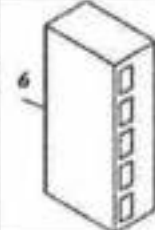

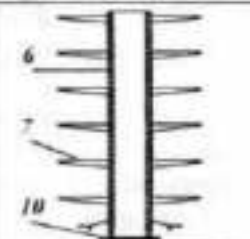
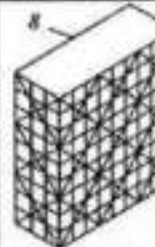
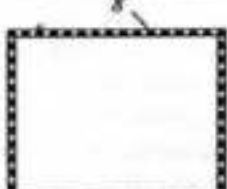
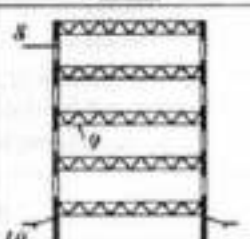
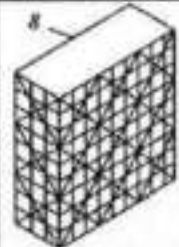
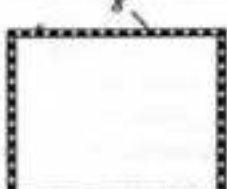
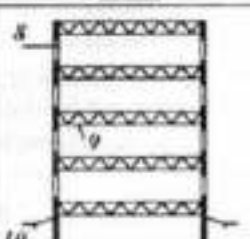
| Конструктивна система | Вид вертикальної несучої конструкції | Схема плану будівлі | Схема розрізу будівлі | |
|-----------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| каркасна | стиржева |  |  |  |
| | стінова |  |  |  |
| об'ємно-блокова | на висоту поверху |  |  |  |
| | на висоту будівлі |  |  |  |
| оболонкова | стовбурна |  |  |  |
| | зайвімі |  |  |  |

Рис. 1.34. Основні конструктивні системи будівель:

1 – колона каркаса; 2 – ригель каркаса; 3 – несуча стіна; 4 – перекриття; 5 – об'ємний блок; 6 – стовбур жорсткості; 7 – перекриття консольного типу; 8 – стіна-оболонка будівлі; 9 – ферма або балка перекриття; 10 – фундаментна плита

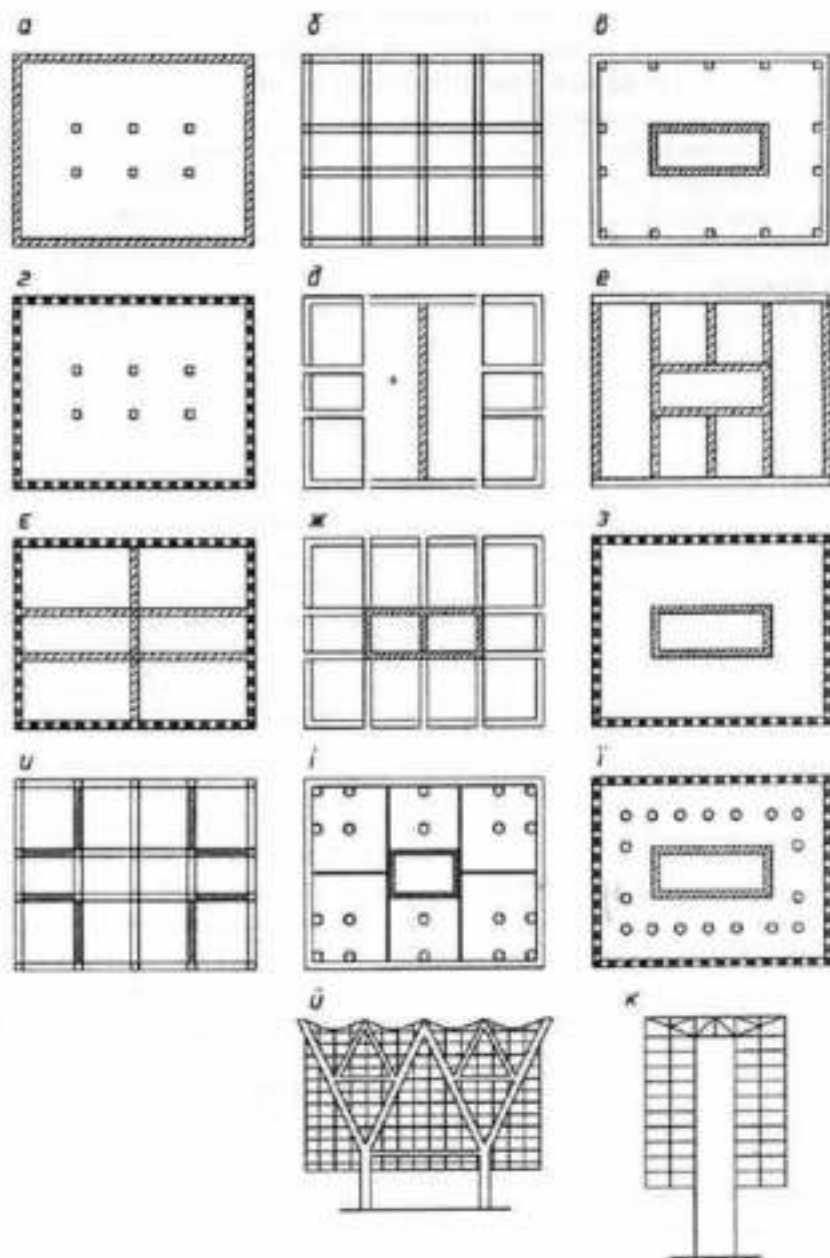


Рис. 1.35. Комбіновані конструктивні системи будівель:

а – каркасно-стінова; б – об'ємно-каркасна; в – каркасно-стовбурна; г – каркасно-оболонкова; д – об'ємно-стінова; е – стовбурно-стінова; є – оболонково-діафрагмова; ж – об'ємно-стовбурна; з – стовбурно-оболонкова; и – об'ємно-каркасно-діафрагмова; і – каркасно-стовбурно-діафрагмова; ї – каркасно-стовбурно-оболонкова; л – каркасно-підвісна; к – стовбурно-підвісна

конструктивних систем будівель – **стінову, каркасну, об'ємно-блокову, стовбурну та оболонкову** (рис. 1.34). Крім основних ознак типотворення конструктивних систем будівель, якими є вертикальні несучі елементи, існують додаткові класифікаційні ознаки в рамках кожної конструктивної системи, які знаходять відображення на конструктивних схемах будівель.

Конструктивна схема будівлі характеризується складом, розташуванням та характером статичної роботи (типом з'єднання конструкцій між собою) основних несучих вертикальних і горизонтальних конструктивних елементів.

Поряд із основними, у проєктній практиці широко використовують **комбіновані конструктивні системи**. В цих системах вертикальні несучі конструкції komponують із різних видів, наприклад, стін і колон каркаса, стін та об'ємних блоків, колон і стовбурів жорсткості тощо. До їх числа належать: **каркасно-стінова, каркасно-стовбурна, об'ємно-каркасна, стовбурно-оболонкова** тощо (рис. 1.35).

Конструктивну систему і схему при проєктуванні будівель вибирають, виходячи з об'ємно-планувальних, архітектурно-композиційних і економічних вимог.

У будівлях **стінової конструктивної системи** вертикальними несучими елементами є стіни, а для перекриттів і покриттів використовують плити або балки з настилом між ними. Ця система слугує основою для проєктування житлових будинків висотою до 30 поверхів. За стіновою конструктивною системою проєктують також ряд нежитлових громадських будівель: дитячі дошкільні заклади, школи, поліклініки, лікарні тощо.

У будівлях стінової конструктивної системи, залежно від розташування несучих стін, розрізняють: **перехресно-стінову, поперечно-стінову і поздовжньо-стінову конструктивні схеми**. Конструкції збірних залізобетонних перекриттів, залежно від величини прогону, умовно поділяють на: малопрогонові (2,4...4,5 м), середньопрогонові (6...7,2 м) і великопрогонові (9...12 м). Для несучих конструкцій перекриттів використовують балки із плитним заповненням або залізобетонні плити, які можуть спиратися на стіни двома протилежними боками або спиратися на три чи на чотири боки (по контуру). Таким чином, за основними геометричними ознаками будівлі стінової конструктивної системи поділяють на шість конструктивних схем (рис. 1.36):

I – із перехресним розташуванням внутрішніх несучих стін при малому кроці поперечних стін;

II – із змішаним (малим і середнім) кроком внутрішніх поперечних несучих стін і зовнішніми поздовжніми самонесучими стінами;

III – із середнім кроком поперечних внутрішніх несучих стін і зовнішніми поздовжніми несучими стінами;

IV – із поздовжніми зовнішніми і внутрішніми несучими стінами та рідко розташованими поперечними самонесучими зв'язковими стінами;

V – із поздовжніми зовнішніми несучими стінами при великій відстані між рідко розташованими поперечними зв'язковими стінами;

VI – із великим кроком поперечних несучих стін і зовнішніми поздовжніми самонесучими стінами.

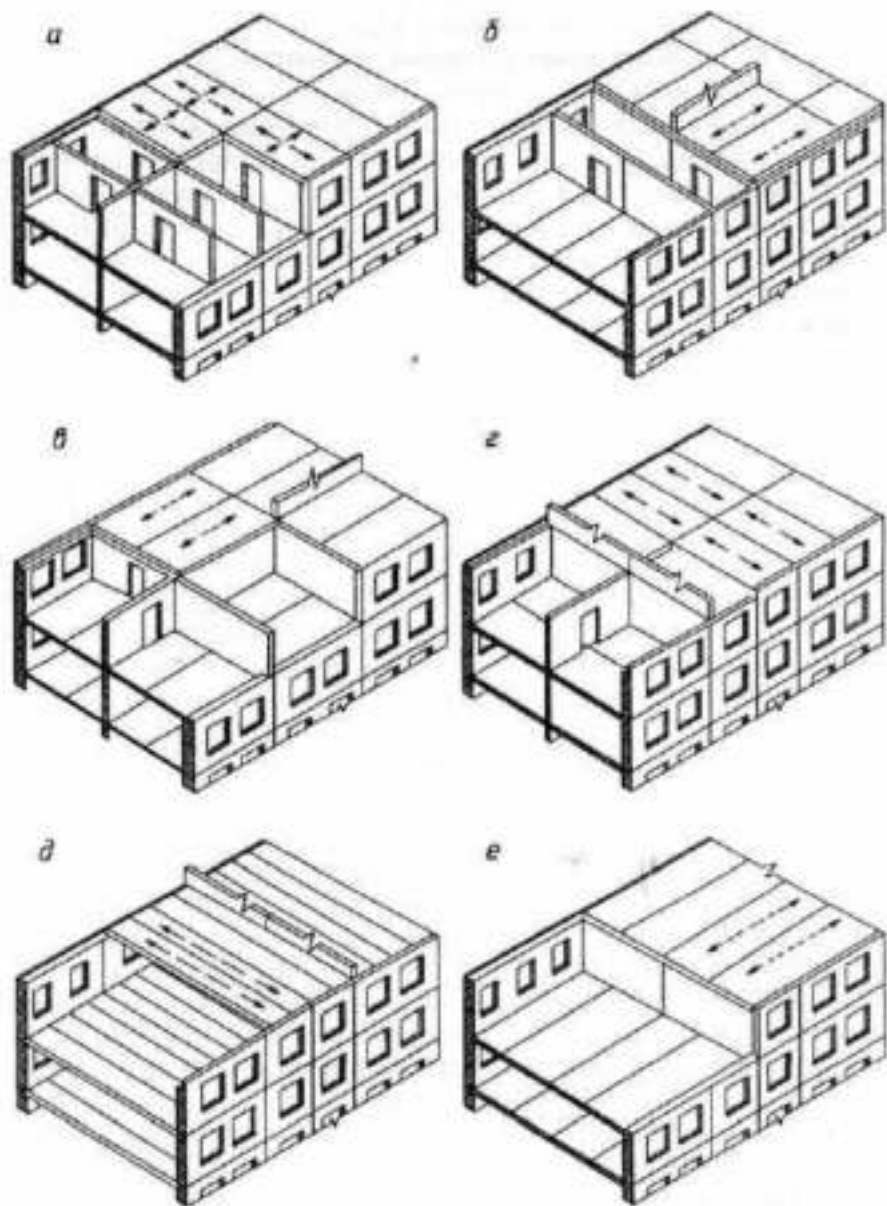


Рис. 1.36 Конструктивні схеми будівель стінової конструктивної системи:

a – із перехресним розташуванням несучих стін при малому кроці поперечних стін; *б* – із змішаним (малим і середнім) кроком поперечних несучих стін і окремими поздовжніми стінами; *в* – із середнім кроком поперечних несучих стін і окремими поздовжніми стінами; *г* – із поздовжніми зовнішніми і внутрішніми несучими стінами та рідко розташованими поперечними стінами; *д* – із поздовжніми зовнішніми несучими стінами з великим прогином і рідко розташованими поперечними стінами; *е* – із великим кроком поперечних стін

Широке використання у будівництві житлових багатоповерхових будинків отримали перші чотири види конструктивних схем.

У будівлях **каркасної конструктивної системи** вертикальними несучими елементами є колони або стійки, а горизонтальними – балки, ригелі, ферми або плити, які сприймають силові навантаження і забезпечують міцність, жорсткість і стійкість будівлі в цілому. Ця система є основою для проектування нежитлових будівель різного призначення і поверховості (готельних, адміністративних, офісних, промислових тощо) та багатоповерхових каркасно-монолітних житлових будинків.

У будівлях **каркасної конструктивної системи**, залежно від типів з'єднання вертикальних колон і горизонтальних ригелів та способів забезпечення міцності, стійкості та жорсткості, розрізняють три конструктивних схеми: *рамну, рамно-зв'язкову та зв'язкову* (рис. 1.37).

Просторові структури багатоповерхових каркасних будівель поділяють на окремі плоскі каркасні конструктивні схеми у поздовжньому й у поперечному напрямках. У каркасних будівлях рамної конструктивної схеми вертикальні та горизонтальні навантаження сприймають колони, жорстко з'єднані балками або плоскими дисками перекриттів. У каркасних будівель рамно-зв'язкової конструктивної схеми вертикальні та частину горизонтальних навантажень сприймають колони, монолітно з'єднані з балками поперечного напрямку, а іншу частину горизонтальних навантажень – діафрагми жорсткості та зв'язки, влаштовані між колонами у поздовжньому напрямку. У каркасних будівлях зв'язкової конструктивної схеми вертикальні навантаження сприймають колони, об'єднані з дисками перекриттів, а горизонтальні – вертикальні діафрагми жорсткості або зв'язки влаштовані між колонами у поперечному і поздовжньому напрямках.

Найбільш раціональними видами каркасів багатоповерхових будівель є рамні каркаси без вертикальних діафрагм, які не обмежують розміщення інженерних комунікацій, технологічного обладнання тощо. Рамно-зв'язкові та зв'язкові схеми каркасів, порівняно з рамними, потребують менших витрат сталі, головним чином за рахунок спрощення конструктивних рішень вузлів з'єднання ригелів і колон. Зв'язкові каркаси використовують при проектуванні офісних, адміністративних та деяких видів промислових будівель, в яких зв'язки (діафрагми жорсткості) не заважають організації функціонально-технологічного процесу.

Каркаси багатоповерхових будівель виконують залізобетонними або сталевими. Залізобетонні каркаси порівняно із сталевими мають більшу жорсткість, але вони мають більшу вагу і більш трудомісткі, особливо в монолітному варіанті. За способом зведення залізобетонні каркаси можуть бути монолітними, збірними і збірно-монолітними. Залізобетонні монолітні та збірно-монолітні каркаси використовують, коли будівлям необхідно надати велику жорсткість та стійкість: при великих навантаженнях на перекриття, при нестандартних розмірах об'ємно-планувальних рішень, при можливих особливих впливах (сейсмічних, вибухових тощо). Збірні каркаси використовують для масового будівництва багатоповерхових будівель із сітками колон 6х6м, 6х9м і 6х12м, висотою до десяти поверхів і навантаженнями на перекриття 5...30 кН/м².

Основні види багатоповерхових промислових будівель із збірними залізобетонними каркасами наведені на рис. 1.38.

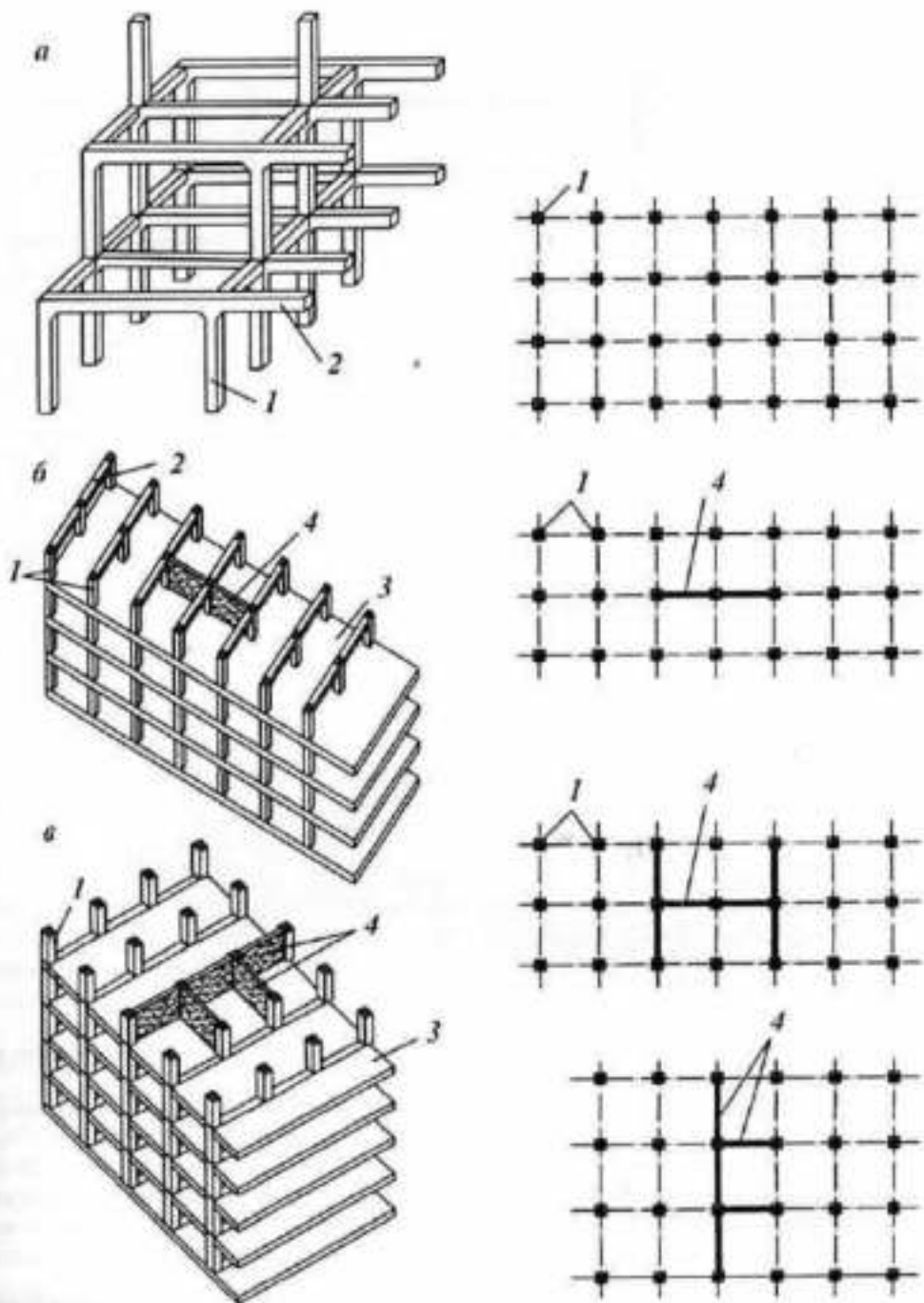


Рис. 1.37. Конструктивні схеми будівель каркасної конструктивної системи:
a – рама; *б* – рамно-зв’язкова; *в* – зв’язкова; 1 – колона; 2 – ригель; 3 – жорсткий диск перекриття; 4 – діафрагма жорсткості

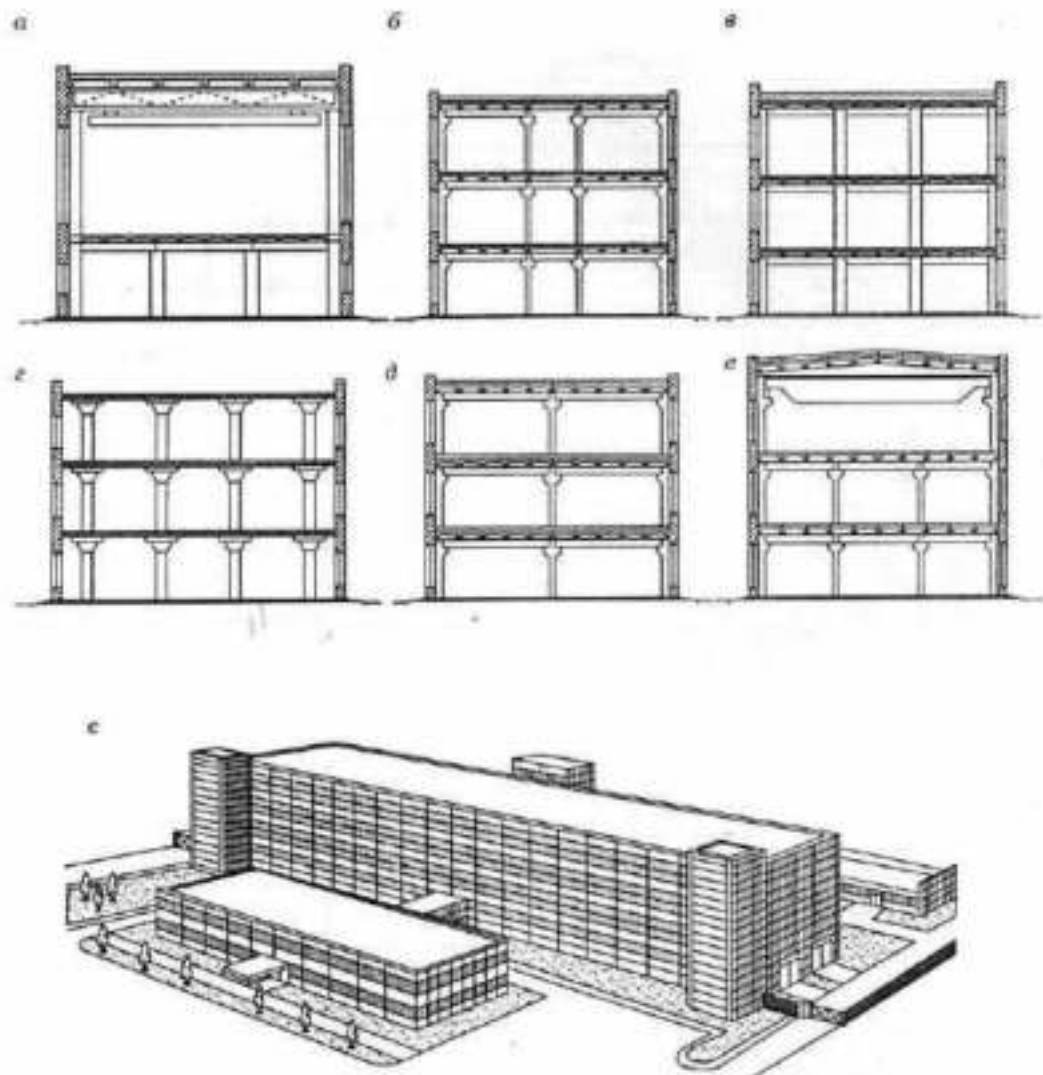


Рис. 1.38. Види багатопверхових промислових будівель із збірним залізобетонним каркасом:

a, c – зі збільшеною сіткою колон верхнього поверху рамно-зв'язкової конструктивної схеми; *b* – із сіткою колон $(6+3+6) \times 6$ рамно-зв'язкової конструктивної схеми; *a* – із сіткою колон $(6+6+6) \times 6$ зв'язкової конструктивної схеми; *e* – із сіткою колон $(6+6+6) \times 6$ рамної конструктивної схеми; *d* – із сіткою колон $(12+12) \times 6$ рамно-зв'язкової конструктивної схеми; *e* – загальний вигляд багатопверхової промислової будівлі та з'єднаного з ним адміністративно-побутового корпусу

Сталеві каркаси використовують в багатопверхових будівлях нежитлового призначення та у відкритих промислових етажерках для хімічної та нафтопереробної промисловості, висота яких може сягати 100 м і більше.

Основні параметри будівель із сталевими каркасами (прогони, крок, висоти поверхів) призначають, як і в будівлях із залізобетонними каркасами, на основі єдиних вимог уніфікації. У ряді випадків сталеві конструкції каркасів доцільно використовувати при нестандартних габаритах приміщень або великих навантаженнях, які діють на конструкції будівель.

Будівлі об'ємно-блокової конструктивної системи – вертикальними несучими елементами є просторові призматичні конструктивні елементи висотою на один поверх – об'ємні блоки вагою до 25 т, які установлюють один на одній і зв'язують між собою із допомогою гнучких або жорстких зв'язків.

Об'ємний блок – це велика просторова конструкція, у внутрішньому просторі якої знаходиться функціональний фрагмент будівлі (житлова кімната, кухня, санітарний блок, кімната готелю, сходово-літнина, ліфтова шахта, гараж, трансформаторна підстанція тощо) або фрагмент будинку садибної забудови.

Практика проектування та будівництва показала, що об'ємні блоки мають високу ступінь універсальності. Створення формувальних машин дозволяє випускати різні типи об'ємних блоків та зводити із них будівлі різного призначення, якщо їх об'ємно-планувальні рішення часто повторюються, а розміри знаходяться в межах транспортних габаритів.

За конструктивними ознаками та видом матеріалу об'ємні блоки поділяють на: несучі та самонесучі – із важкого або конструктивного легкого залізобетону; самонесучі та ненесучі – із дерев'яним або металевим каркасом на залізобетонній плиті підлоги, до якого закріплені зовнішня обшивка із металевого або вінілового сайдингу, внутрішні плити гіпсокартону товщиною 10 мм і шару утеплювача з боку фасадної стіни або звукоізоляції з боку внутрішніх стін.

За конструктивно-технологічним рішенням розрізняють чотири типи об'ємних блоків: «ковпак» – п'ятистінна монолітна оболонка, установлена на ребристу плиту підлоги, яка виконує функції несучої плити перекриття; «стакан» – монолітна п'ятистінна оболонка, виготовлена разом із ребристою плитою перекриття, але без стелі; «лежачий стакан» – п'яти- або чотиристінна оболонка без зовнішньої, або без зовнішньої та внутрішньої стіни; **об'ємні блоки із окремих плоских елементів**, які на заводах з'єднують за допомогою зварювання закладних деталей або кріплення до металевих каркасу (рис. 1.39).

У будівлях **об'ємно-блокової конструктивної системи** класифікаційною ознакою визначення характеру статичної роботи будівлі є розташування об'ємних блоків у просторі та спосіб їх спирання (лінійний по контуру, лінійний на два протилежні боки, або точковий у кутах). Тому в будівлях об'ємно-блокової конструктивної системи виділяють наступні конструктивні схеми (рис. 1.40): **з рядовим розташуванням об'ємних блоків**; **із зсуванням об'ємних блоків уздовж поздовжньої або поперечної осей будівлі для влаштування лоджій**; **із зсуванням об'ємних блоків по вертикалі**; **з поворотом об'ємних блоків**. У комбінованих конструктивних системах (рис. 1.41): **об'ємно-стінова** з несучими і самонесучими об'ємними блоками, яку використовують у двох варіантах конструктивних схем: із шаховим розташуванням об'ємних блоків та заповненням отворів з боку фасадів самонесучими стіновими панелями та із внутрішніми несучими стіновими панелями; **об'ємно-каркасна** із металевим або залізобетонним несучим каркасом і самонесу-

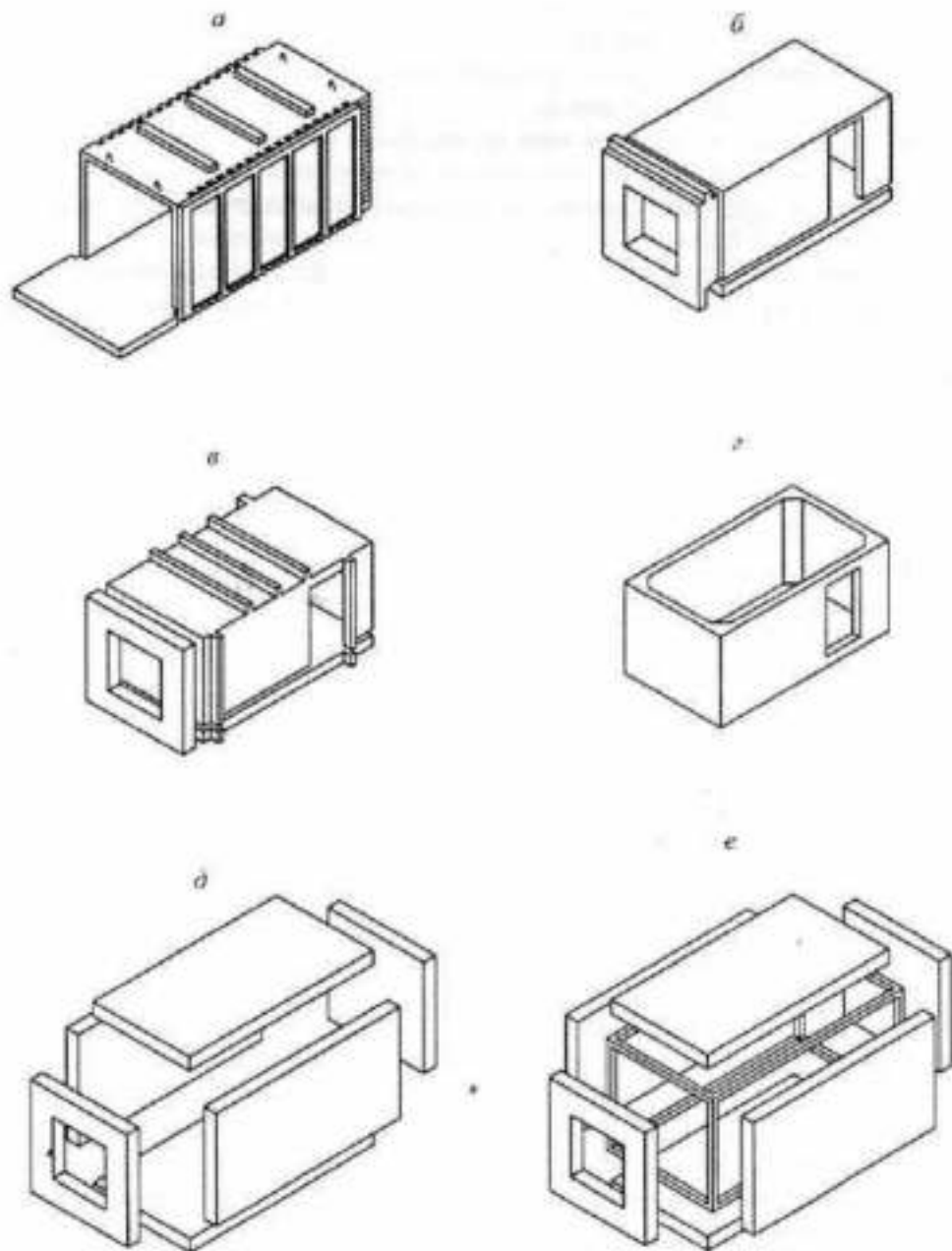


Рис. 1.39. Типи рядових об'ємних блоків:

а – лежачий стакан; *б* – ковпак із несучими стінами; *в* – ковпак із кутовим спіранням; *г* – стакан; *д* – із окремих збірних елементів; *е* – збірний із каркасом

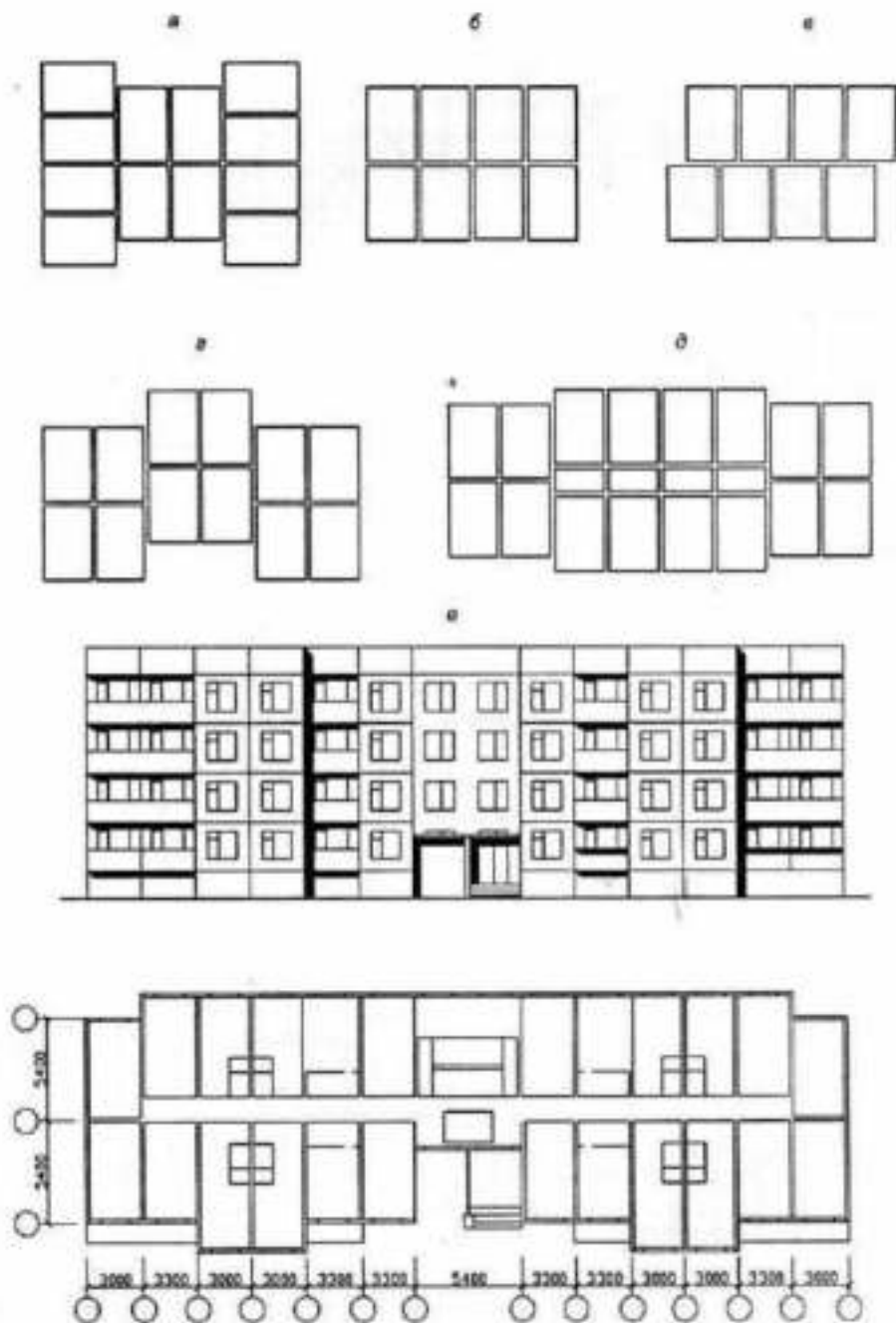


Рис. 1.40. Основні конструктивні схеми будівель із об'ємних блоків
a – із повернутими об'ємними блоками (ОБ); *б* – із рядовим розташуванням ОБ; *в* – із зсуванням ОБ уздовж поздовжньої осі; *г*, *д* – із зсуванням ОБ уздовж поперечної осі; *е* – житловий будинок із ОБ

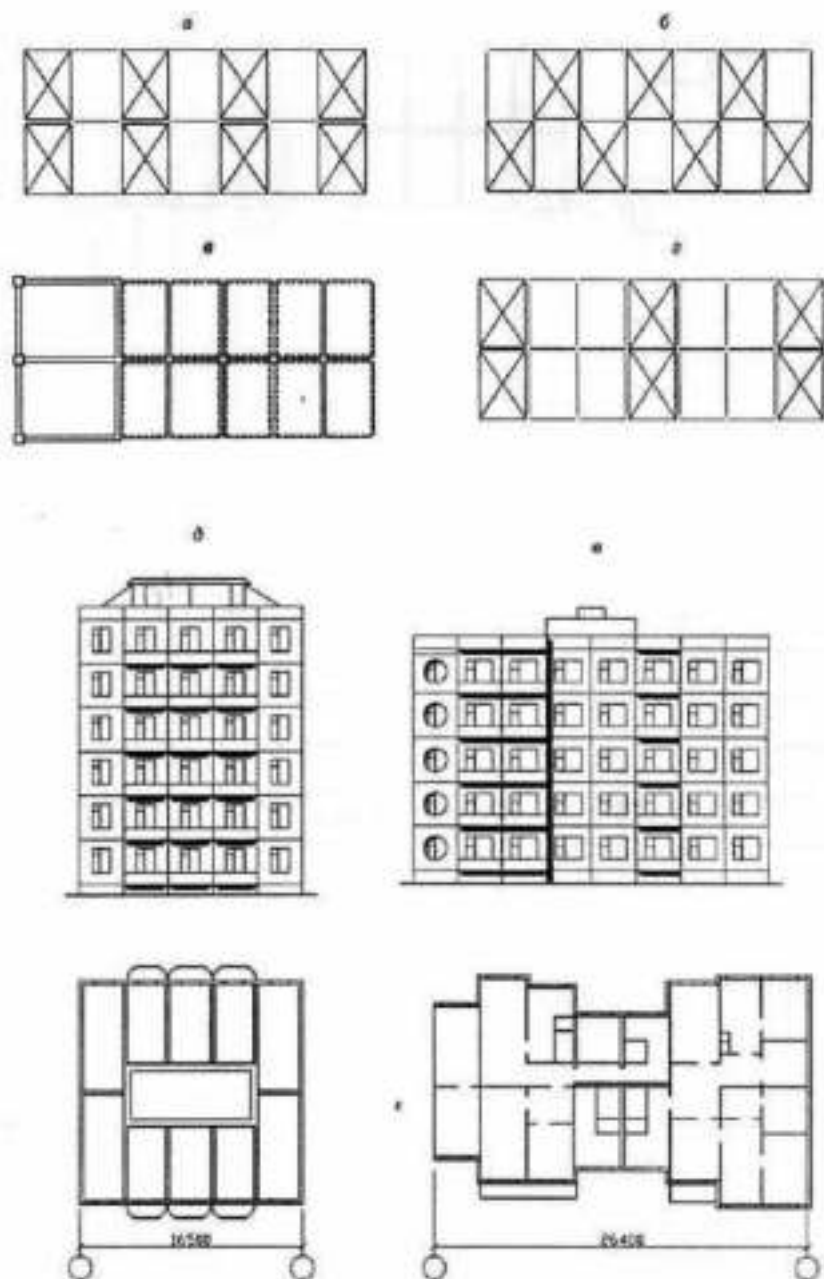


Рис. 1.41. Комбіновані конструктивні схеми будівель із об'ємних блоків: а, б – об'ємно-стінова із шаховим розташуванням об'ємних блоків (ОБ); в – об'ємно-каркасна; г – об'ємно-стінова із внутрішніми несучими стіновими панелями; д – об'ємно-стовбурна із несучим стовбуром і навісними ОБ; е – житловий будинок об'ємно-стінової конструктивної схеми

чими об'ємними блоками; *об'ємно-стовбурна* із несучим стовбуром жорсткості та платформами, на які спирають несучі та самонесучі об'ємні блоки.

Житлові будинки із об'ємних блоків будують висотою 5...16 поверхів. При цьому для будинків різної поверховості об'ємні блоки мають однакові перерізи основних конструктивних елементів (стіни, плит підлоги та стелі, кутових елементів), розміри яких визначаються експлуатаційними вимогами. Армування несучих елементів блоків призначають за результатами розрахунків, у залежності від діючих на об'ємний блок навантажень.

Будівлі стовбурної конструктивної системи – вертикальним несучим елементом є внутрішній об'ємно-просторовий стовбур замкнутого перерізу на всю висоту будівлі, який виконують здебільшого із монолітного залізобетону, а горизонтальні конструкції перекриттів і покриттів закріплюють до стовбура. Ця система використовується для спорудження нежитлових будівель різного призначення з компактними формами планів (крутими, квадратними, багатокутними) висотою до 120 м.

У будівлях *стовбурної конструктивної системи* виділяють такі конструктивні схеми: основні (рис. 1.42) – *із консольними перекриттями*; *з консольними платформами*; *з перекриттями, підвищеними на металевих або залізобетонних підвісках до консольних оголовок або ростверків* (рис. 1.43); комбіновані – *з стовбуром жорсткості та колонами каркаса* (рис. 1.44); *із стовбуром жорсткості та несучими стінами* тощо.

Існуючі варіанти конструктивних схем будівель стовбурної конструктивної системи відрізняються варіантами вирішення зв'язку перекриттів із несучим стовбуром, який здійснюють: спиранням перекриттів у рівнях поверхів на затиснуті в стовбурі консольні балки, спиранням несучих і огорожувальних конструкцій декількох поверхів будівлі на консольні платформи, підвіскою перекриттів на гнучких тросах або жорстких підвісках до консольних оголовок або ростверків. В останньому випадку консольні оголовки або ростверки складаються із системи балок або перехресних ферм, які жорстко закріплюються до вертикального стовбура будівлі. Їх конструктивні елементи сприймають різноманітні навантаження та впливи, працюють у складних умовах, а тому для зменшення в їх конструкціях згинальних моментів обмежують величину навантажень від ваги конструкцій поверхів будівлі. Досвід проектування таких будівель свідчить, що до одного консольного оголовку або ростверку не можна підвішувати більше ніж 15 поверхів будівлі.

При використанні стовбурної конструктивної системи для будівель із великими площами поверхів проектують декілька стовбурів жорсткості, які розташовують периферійно. В цих випадках перекриття будівлі спирають на залізобетонні балки або металеві ферми між стовбурами жорсткості.

Прикладом будівлі стовбурної конструктивної системи комбінованого виду є багатоповерхова будівля «торгівлі» на Львівській площі у м. Києві, основні конструктивні елементи якої складається із стовбурів жорсткості та колон каркаса (рис. 1.44). Внутрішні три стовбури жорсткості цієї будівлі, в яких розміщуються сходові клітки, ліфти і вентиляційні шахти, виготовлені із монолітного залізобетону.

Будівлі оболонкової конструктивної системи – вертикальним елементом є просторова тонкостінна або стрижнева конструкція зовнішніх стін на всю висоту

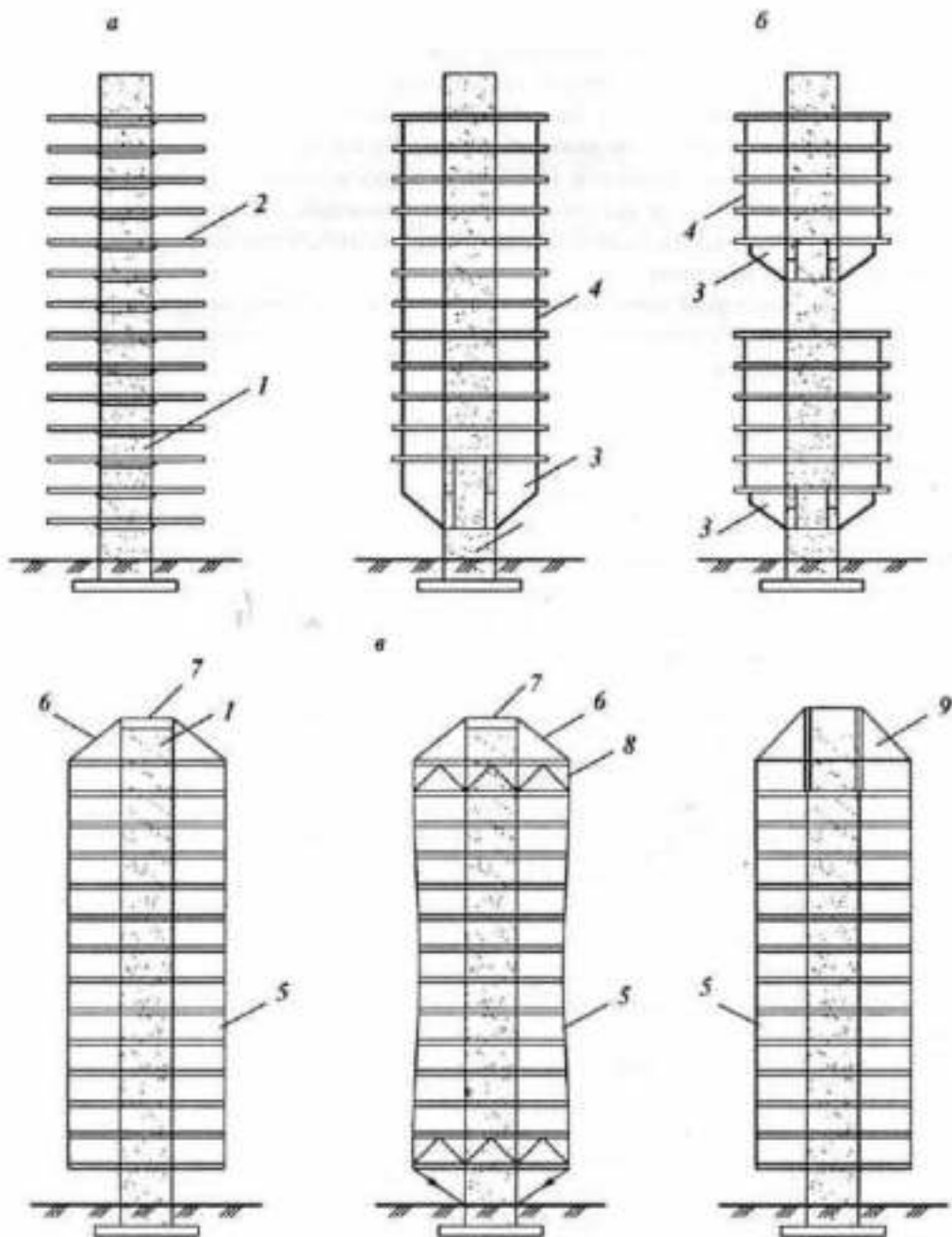


Рис. 1.42. Основні конструктивні схеми будівель стовбурної конструктивної системи: а – з консольними перекриттями; б – з консольними платформами; в – із перекриттями, підвішеними на металевих підвісках до консольних оголовків; 1 – стовбур; 2 – перекриття; 3 – консольна платформа; 4 – фахверкова стіна; 5 – підвіска; 6 – відтяжка; 7 – анкерна обойма; 8 – металевий консольний оголовок; 9 – залізобетонний консольний оголовок

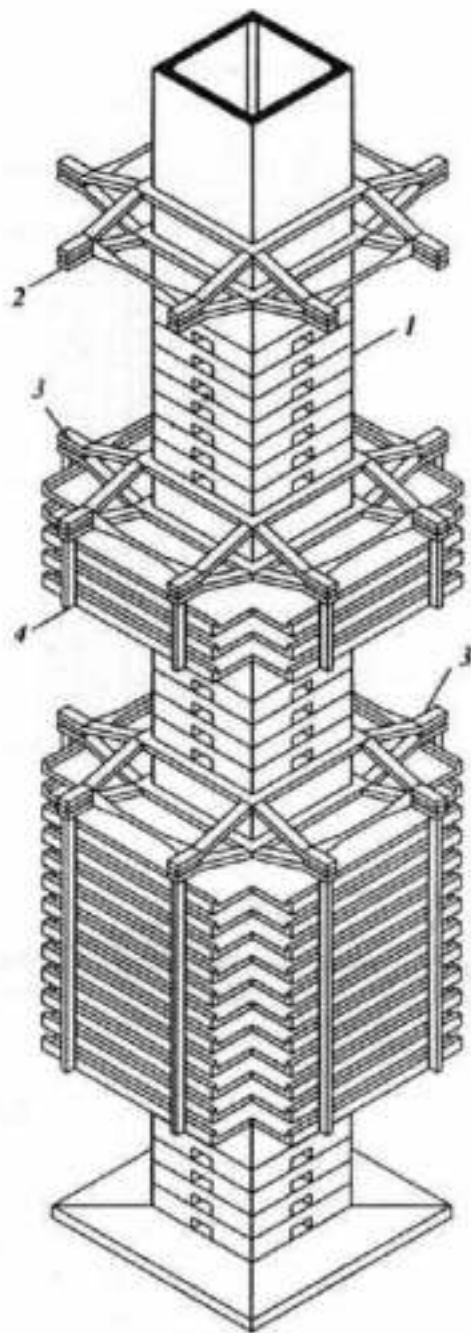


Рис. 1.43. Будівля із перекриттями, підвищеними до консольних ростверсів:
 1 – стовбур; 2 – консольний ростверх; 3 – попередньо напружені залізобетонні балки;
 4 – попередньо напружена залізобетонна підвіска

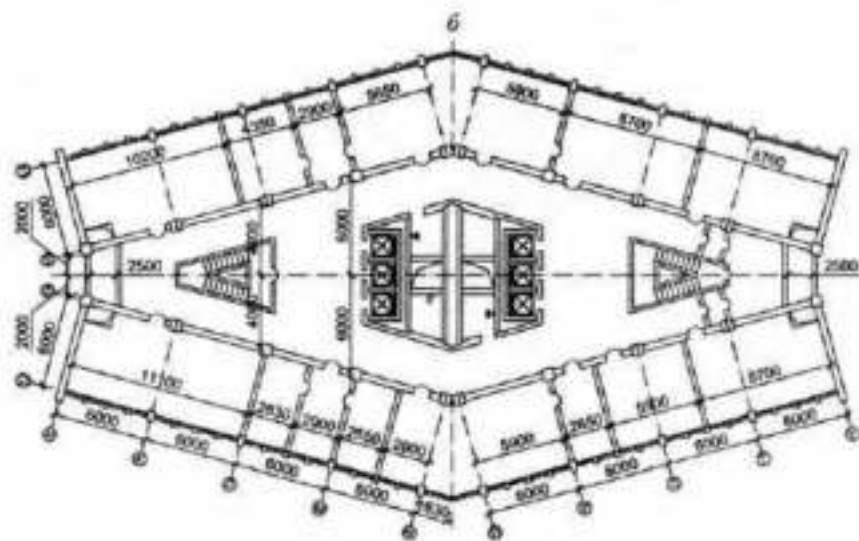


Рис. 1.44. Будівля із стовбуром жорсткості та колонами каркаса у м. Києві:
а – фасад; *б* – план типового поверху

будівлі, до якої кріпляться балки та плити перекриттів і покриттів. Такий зовнішній стовбур (оболонка), охоплює всю будівлю за периметром, а тому найбільш ефективно забезпечує жорсткість та сприйняття горизонтальних (вітрових) навантажень при проектуванні несамопливних будівель різного призначення висотою більше 100 м.

У будівлях оболонкової конструктивної системи виділяють такі конструктивні схеми: основні – із зовнішніми оболонками «tube»; із зовнішніми та внутрішніми оболонками «tube in tube»; багатосекційні «truss megatube»; комбіновані – із зовнішніми оболонками та внутрішніми колонами каркаса; із зовнішніми оболонками та внутрішнім стовбуром жорсткості; із внутрішніми оболонками і зовнішніми колонами каркаса (рис. 1.45).

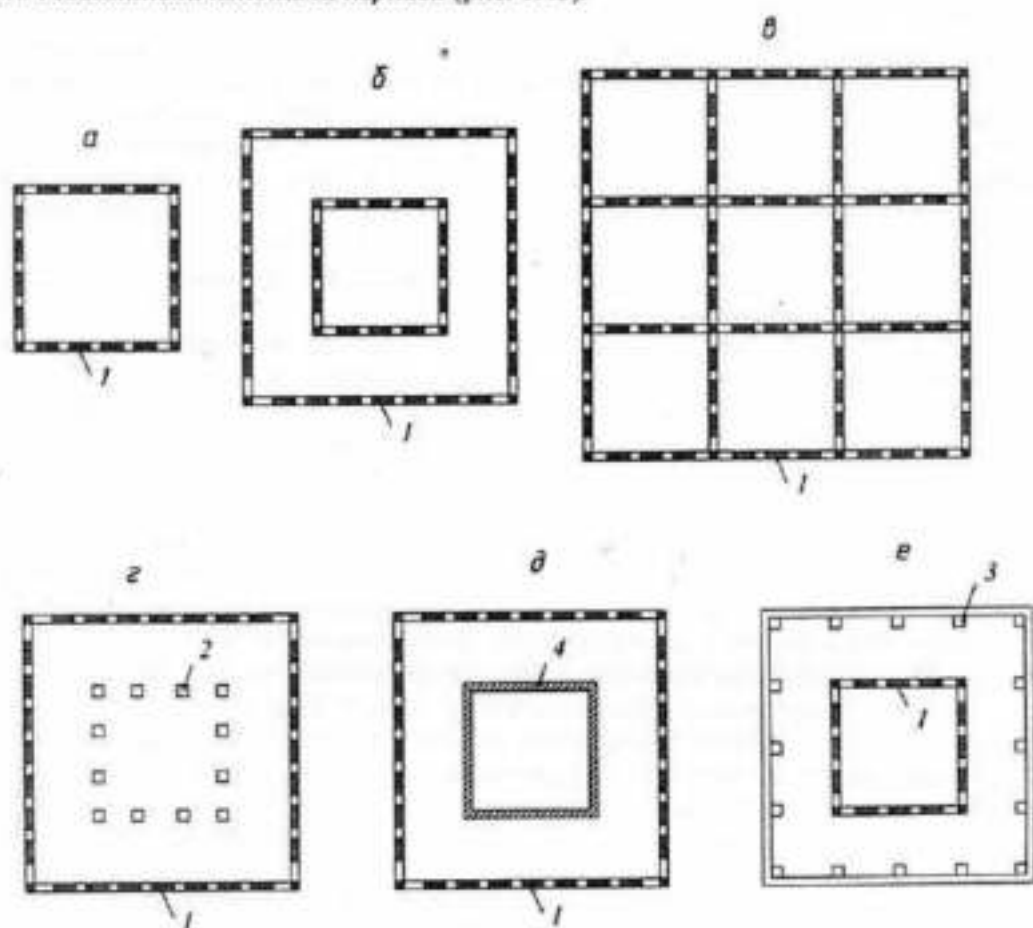


Рис. 1.45. Конструктивні схеми будівель оболонкової конструктивної системи: основні: а – із зовнішніми оболонками «tube»; б – із зовнішніми та внутрішніми оболонками «tube in tube»; в – багатосекційні «truss megatube»; комбіновані: г – із зовнішніми оболонками та внутрішніми колонами каркаса; д – із зовнішніми оболонками та внутрішнім стовбуром жорсткості; е – із внутрішніми оболонками і зовнішніми колонами каркаса; 1 – стіна-оболонка; 2 – колона внутрішнього каркаса; 3 – колона зовнішнього каркаса; 4 – стовбур жорсткості

Просторову жорсткість будівель оболонкової конструктивної системи забезпечують ґратчасті оболонки замкнутого перерізу, що складаються із колон, контурних балок і розкосів, які жорстко зв'язані між собою та з конструкціями перекриттів. Результатом такого конструктивного рішення є те, що вся площа поперечного перерізу будівлі чинить опір горизонтальним зусиллям.

Будівлі із зовнішніми оболонками «*tube*» мають компактний план із невеликими розмірами кесонованих перекриттів, приблизно 30х30 м. При необхідності збільшення розмірів будівлі у плані проєктують будівлі із зовнішніми та внутрішніми оболонками «*tube in tube*». У таких будівлях внутрішні оболонки можуть мати каркасну або стінову систему з віконними прорізами, які виходять у внутрішнє подвір'я.

До найбільш перспективних модифікацій оболонкових систем відноситься багатосекційна оболонкова система «*truss megatube*», у якій горизонтальні навантаження сприймаються сумісною роботою ґратчастих оболонок зовнішніх і міжсекційних (внутрішніх для будівлі) стін. Прикладом будівлі конструктивного виду «*truss megatube*» є будівля Сіре-Тауер висотою 443 м, зведена у м. Чикаго у 1974 році за проєктом інженера Фазлур Хана, яка у плані має дев'ять секцій «*tube*», різної висоти, зв'язаних між собою. Площа забудови будівлі на рівні землі 4650 м², тобто кожна секція має розміри 22х22 м. Після установки у 2000 році нової антени висота цієї будівлі зараз сягає 529 м.

Висотні будівлі оболонкової конструктивної системи дуже часто проєктують комбінованими із внутрішніми стовбурами жорсткості, в яких розміщують сходові клітки, ліфтові шахти, санітарні вузли і приміщення технічного обслуговування та розміщення інженерних комунікацій. Прикладом будівлі оболонково-стовбурної конструктивної системи є висотна офісна будівля архітектора Нормана Фостера «Огірок», побудована у Лондоні у 2004 році. Висота будівлі 180 м, діаметр: вгору – 50 м, а найширшої частини – 56 м. Зовнішня ґратчаста оболонка запроєктована із сталевих подвійних стрижнів круглого перерізу, об'єднаних: у рівнях поверхових площадок із головними і другорядними балками перекриттів, а за периметром будівлі – горизонтальними сталевими кільцевими об'єднаними балками.

За функціональними вимогами в об'ємно-планувальному рішенні будівлі за висотою або площею можуть сполучатися різні структури просторових елементів, наприклад, дрібні та залові. У цих випадках проєктують будівлі **змішаних конструктивних систем**, а саме: стінову – для частини будівлі з дрібними елементами і каркасну – для приміщень залів.

Використання тієї або іншої конструктивної системи будівлі залежить від багатьох факторів, а саме:

- об'ємно-планувального рішення будівлі: розмірів і форми приміщень та будівлі у цілому, висоти будівлі, співвідношення розмірів, величини прогонів;
- матеріалів основних несучих конструкцій;
- величин діючих вертикальних і горизонтальних навантажень;
- жорсткості окремих несучих конструкцій і будівлі в цілому.

Таким чином, при проєктуванні будівель конструктивну систему вибирають із урахуванням функціональних, об'ємно-планувальних, архітектурно-композиційних і техніко-економічних вимог.

1.7. Будівельні системи будівель

Будівельна система – це комплексна характеристика конструктивного рішення будівлі за матеріалом і технологією зведення основних несучих та огорожувальних конструкцій у поєднанні з вибраною конструктивною системою.

Основними класифікаційними ознаками при визначенні будівельної системи будівлі є матеріал вертикальних несучих конструкцій та технологія їх зведення.

Існує чотири основні групи конструктивних матеріалів – *камінь, бетон, метал і дерево*, та два основних технологічних *методи зведення будівель* – *традиційний та індустріальний (повнозбірні, монолітні, збірно-монолітні)*.

Наприклад, для будівель із дерева *традиційна* технологія виконання рублених стін із колод або брусів, а *індустріальна* – із брусів або панелей, виготовлених у заводських умовах для збірки на будівельному майданчику. Для будівель із цегли або каменю *традиційною* є технологія ручної кладки стін.

Індустріалізація будівництва – це важливий напрям технічного прогресу, який характеризується перетворенням будівельного виробництва в механізований та автоматизований поточний процес зведення будівель та споруд.

Індустріалізація здійснюється двома шляхами.

Перший – перенесення максимального обсягу виробничих процесів у заводські умови. В цьому випадку збірні конструктивні елементи виготовляють на механізованих технологічних лініях будівельних комбінатів. Їх монтують на будівельному майданчику, що суттєво зменшує витрати праці та терміни будівництва. Цей шлях індустріалізації використовують при будівництві панельних, каркасно-панельних, великоблокових та об'ємно-блокових будівель.

Другий – виконання всіх або більшої частини виробничих операцій на будівельному майданчику. В цьому випадку індустріалізація методів зведення будівель відбувається за рахунок: використання нових індустріальних опалубних конструкцій та риштувань, їх багатократної оборотності, заводського виготовлення бетону та механізованих способів його транспортування, подачі та укладання, використання готових арматурних виробів та їх заготовок (каркасів, сіток, стрижнів). Цей шлях індустріалізації використовують при будівництві монолітних будівель.

Найбільш розповсюдженим є використання однієї будівельної системи при зведенні будівлі. Такі будівельні системи називають основними.

Традиційна будівельна система кам'яних будівель оснований на зведенні несучих стін у техніці ручного мурування з цегли, дрібних керамічних блоків або каменю вагою до 16 кг.

За традиційною будівельною системою будують переважно житлові будинки висотою до 20-ти поверхів та нежитлові громадського призначення.

На основі традиційної будівельної системи в Україні зводять до 30% всіх житлових та нежитлових будівель громадського призначення. Традиційна будівельна система дозволяє проектувати будівлі будь-якої форми, з різними висотами поверхів і різними за формою та розмірами віконними і дверними прорізами. Конструкції таких будівель надійні в експлуатації, вогнестійкі та довговічні. Вони досить широко використовуються в малоповерховому житловому будівництві (рис. 1.46).

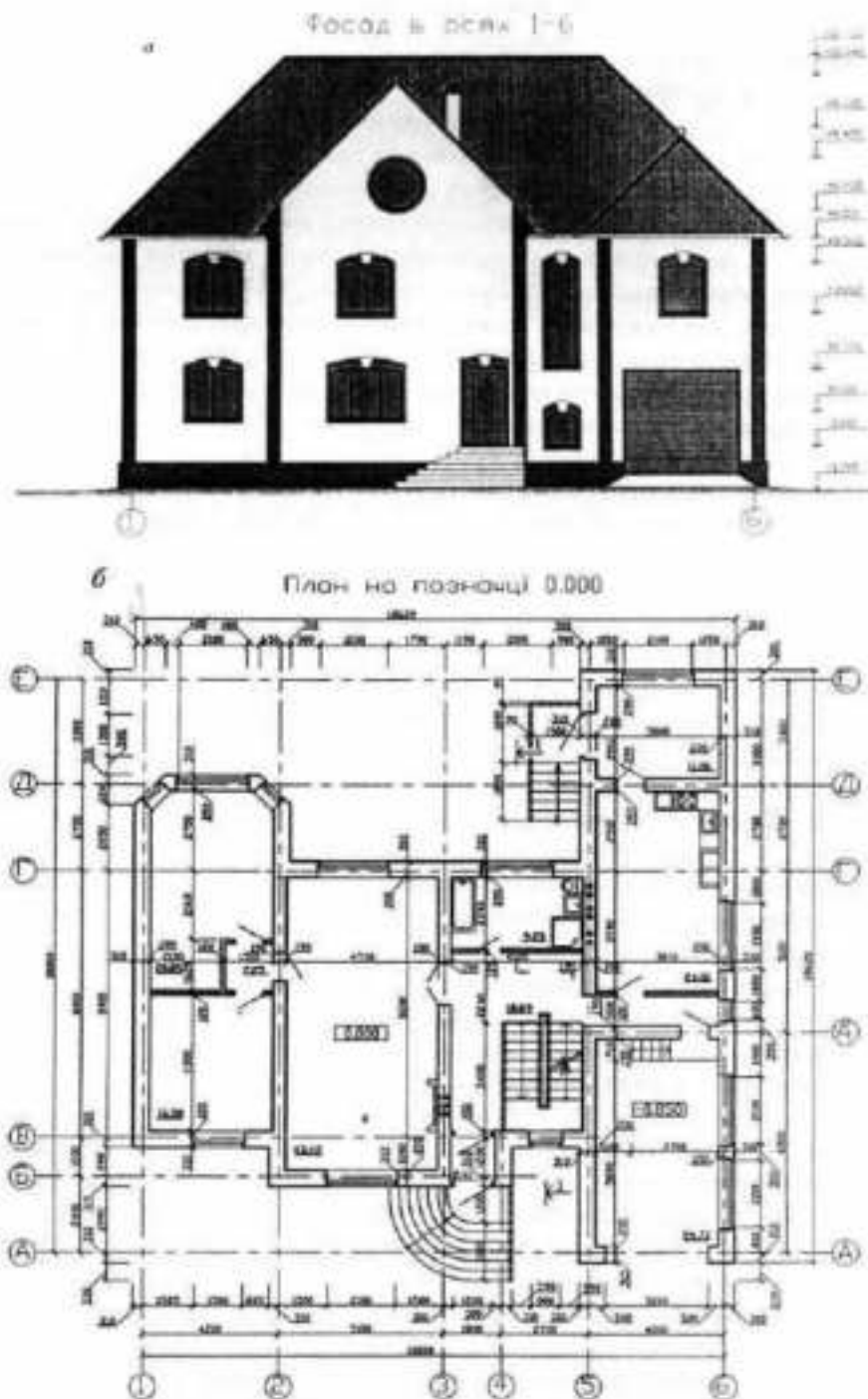


Рис. 1.46. Житловий двоповерховий будинок традиційної будівельної системи:
 а – фасад; б – план першого поверху; в – розріз

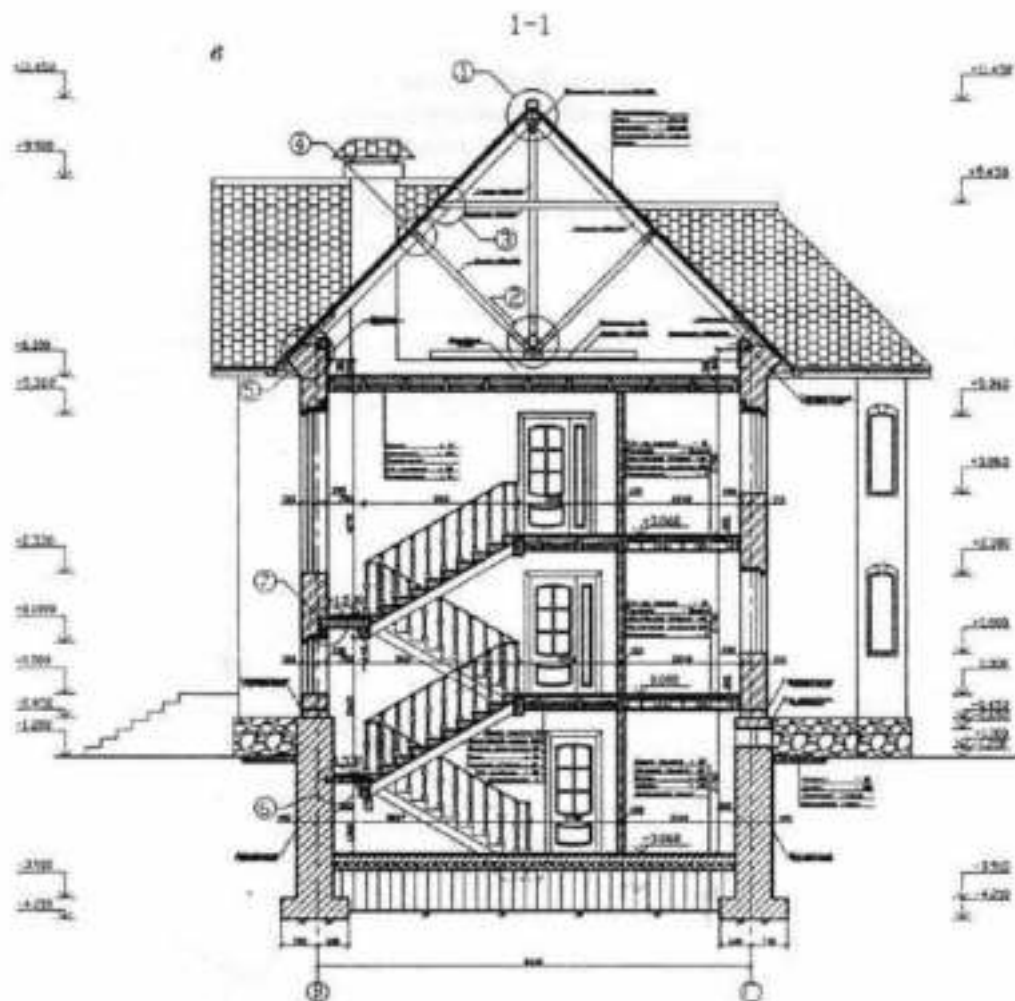


Рис. 1.46. Житловий двоповерховий будинок традиційної будівельної системи:
а – розріз

Різновиди каменів, які використовують у будівництві, визначають вид кладки та сферу її застосування.

Цегляну кладку із звичайної глиняної або силікатної цегли застосовують для зведення стін, простінків, стовпів, перемичок, арок, склепінь і перегородок, а із вогнетривкої цегли – для зведення конструкцій, що працюють в умовах високих температур, наприклад, промислових печей, димарів тощо.

Дрібноблочну кладку із штучних і природних каменів правильної форми (керамічних, бетонних, шлакобетонних, пінобетонних, туфобетонних, пемзобетонних, із пиляних вапняків, туфів, граніту, базальту) вагою до 16 кг укладають вручну при зведенні стін, простінків, стовпів і перегородок.

Тесову кладку використовують для зведення і облицювання монументальних будівель та інженерних споруд із природних каменів правильної форми.

Кладку із бутового каменю та бутобетону застосовують при зведенні фундаментів, стін підвалів та напівпідвалів, підірних стін і малих архітектурних форм із каменів граніту неправильної форми масою не більше 30 кг («кваний» камінь і булежний округлої форми).

Загальний рівень індустріальності будівель цієї системи досить високий внаслідок використання збірних виробів для перекриттів, сходів, фундаментів, перегородок тощо.

До *індустріальних будівельних систем* відносять:

Великоблокову будівельну систему, основу на механізованому монтажі стін будівель висотою до 16 поверхів із великорозмірних цегляних або бетонних блоків вагою 3...5 т та перекриттів із багатонустотних залізобетонних плит (рис. 1.47).

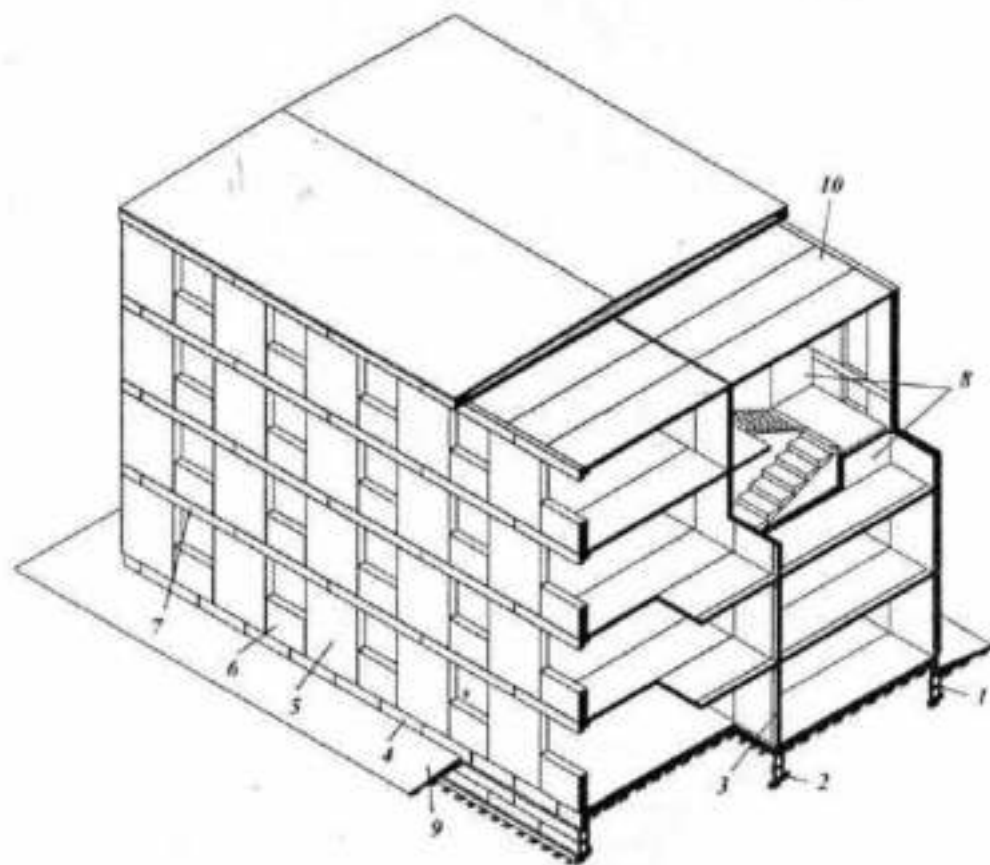


Рис. 1.47. Багатоповерховий житловий будинок великоблокової будівельної системи: 1 – стіновий фундаментний блок; 2 – залізобетонна фундаментна плита; 3 – блок внутрішніх стін; 4 – цокольний блок; 5 – простіночний блок зовнішніх стін; 6 – підвіконний блок зовнішніх стін; 7 – перемичковий блок зовнішніх стін; 8 – блоки стін сходової клітки; 9 – вимощення; 10 – плита перекриття

Установку блоків здійснюють за принципом мурування кам'яних стін – горизонтальними рядами на цементно-піщаному розчині зі взаємною перев'язкою швів. Для зовнішніх стін будівель блоки виготовляють одношаровими з керамзитобетону, шлакобетону, перлітобетону, вермікулітобетону або з цегли, а для внутрішніх стін – з важкого бетону або цегли. Підвищення нормативних теплотехнічних вимог до зовнішніх стін в Україні призвело до витіснення цієї системи, тому що вона була орієнтована на одношарові конструкції зовнішніх стін з малим опором теплопередачі. При використанні цієї будівельної системи для будівель, які опалюються, блоки зовнішніх стін необхідно виготовити тришаровими з утеплювачем із полістирольного пінопласту, мінераловатних плит, перлітофосфогенних плит. Існуючі великоблокові будівлі в Україні потребують утеплення з боку фасадів усіх зовнішніх стін. Використання цієї будівельної системи можливе в комбінованому варіанті, наприклад, великоблокові внутрішні стіни і багатошарові зовнішні цегляні стіни.

Панельну будівельну систему, основувану на механізованому монтажі стін із залізобетонних панелей висотою в один або два поверхи, вагою до 10 т та довжиною до 7,2 м і залізобетонних плит перекриттів, переважно, розміром на кімнату (рис. 1.48). Конструкції панелей несамостійкі: при зведенні їх стійкість забезпечують монтажними пристроями, а під час експлуатації – спеціальними конструкціями стиків і зв'язків. Панелі несучих стін установлюють по шару цементно-піщаного розчину без перев'язки вертикальних швів, які потребують ретельної герметизації. Порівняно з традиційною системою, панельна дозволяє знизити вагу конструкцій на 30...40%, трудомісткість та тривалість будівництва більше ніж на 30%. Споруди цієї будівельної системи мають високу просторову жорсткість, а тому їх висота в 16...22 поверхи стала нормою в масовій забудові великих міст.

Об'ємно-блокову будівельну систему, основувану на механізованому монтажі об'ємних просторових залізобетонних елементів вагою до 25 т, які установлюють один на другий без перев'язки швів (рис. 1.49). Для забезпечення міцності стовпи об'ємних блоків об'єднують у просторову систему з допомогою сталевих зв'язків у рівнях перекриттів будівель. Порівняно з панельним, об'ємно-блокове домобудівництво забезпечує зниження трудомісткості до 15%. Цю будівельну систему використовують при проектуванні житлових будинків, гуртожитків, готелів, пансіонатів висотою до 16 поверхів.

Каркасно-панельну будівельну систему, основувану на механізованому монтажі несучого каркаса із збірних залізобетонних або металевих конструкцій та самонесучих або навісних панельних стін (рис. 1.50). На основі цієї будівельної системи будують більшість нежитлових будівель висотою до 30 поверхів. У житловому будівництві цю будівельну систему використовують рідко, тому що порівняно з панельною вона потребує більших витрат сталі та тривалості будівництва. Її основні переваги полягають у гнучкості планувальних рішень будівель при проектуванні, можливостей перепрофілювання та модернізації. Будівлі цієї системи проектують у ригельному або безригельному варіантах каркасів. У багатоповерхових будівлях висотою до 100 м використовують в основному залізобетонні несучі конструкції, а при більшій висоті – сталеві, які мають менші розміри поперечних перерізів і відповідно меншу вагу, що призводить до зменшення зусиль у несучих конструкціях і знижує собівартість фундаментів. Недолік сталевих конструкцій – низька вогнестійкість та корозійна стійкість.

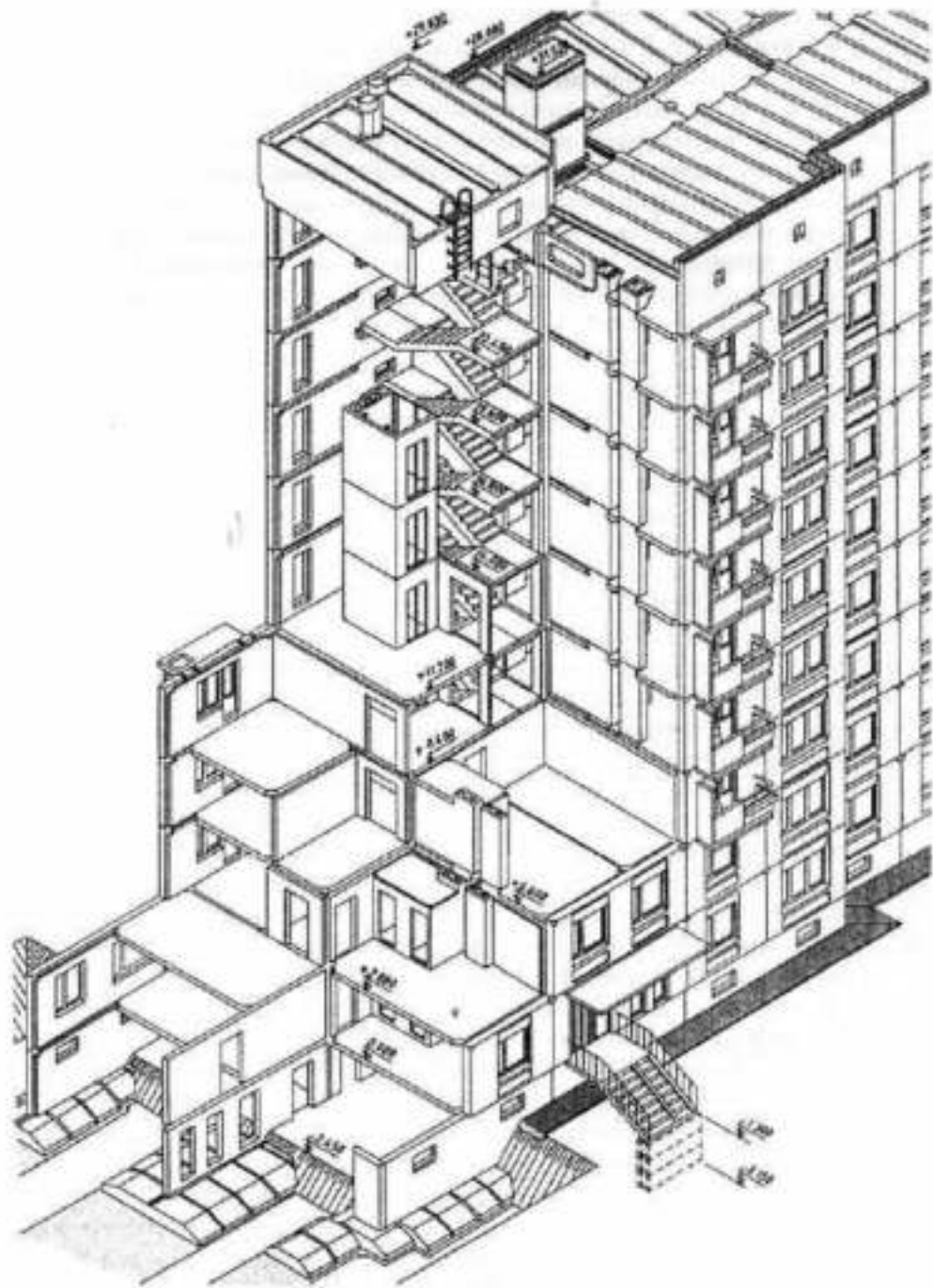


Рис. 1.48. Багатоповерховий житловий будинок панельної будівельної системи

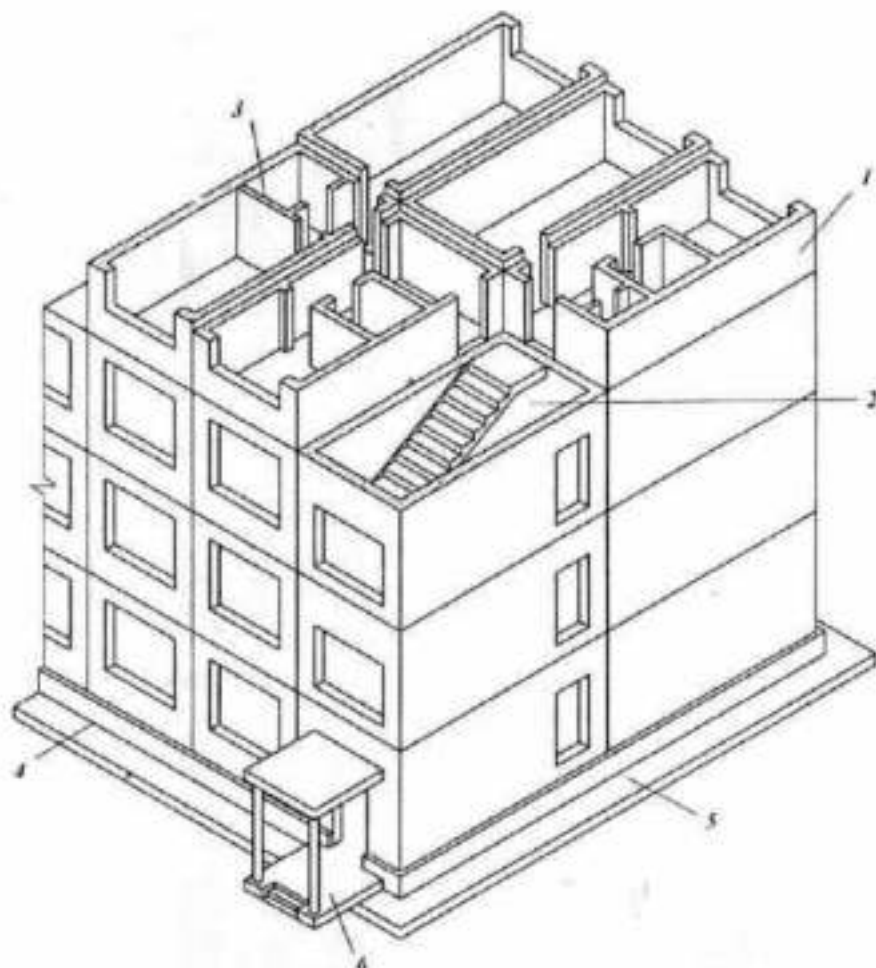
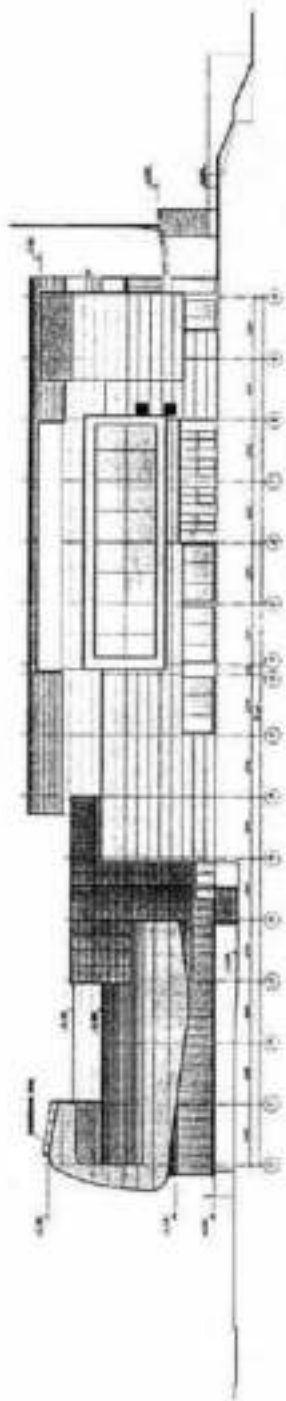


Рис. 1.49. Багатоповерховий житловий будинок об'ємноблокової будівельної системи: 1 – рядовий об'ємний блок; 2 – об'ємний блок сходової клітки; 3 – внутрішня перегородка; 4 – цоколь; 5 – вимощення; 6 – ганок

Монолітну і збірно-монолітну будівельні системи, основані на зведенні основних несучих конструкцій будівель із бетону або залізобетону на будівельних майданчиках (рис. 1.51). До монолітної системи відносять будівлі, всі несучі конструкції яких виготовлені з монолітного залізобетону, до збірно-монолітної – будівлі, в яких несучі конструкції зроблені частково збірними, а частково монолітними.

Комплексний процес зведення монолітних залізобетонних конструкцій складається: із влаштування опалубки, армування конструкцій, в конструкціях із поперечно-напруженою арматурою – натягнення арматури та ін'єкції каналів, бетонування конструкцій, витримування бетону в опалубці, розпалублення, опорядження поверхонь конструкцій.

Вид 3 (рис. 1.4)



Вид 3 (рис. 1.5)

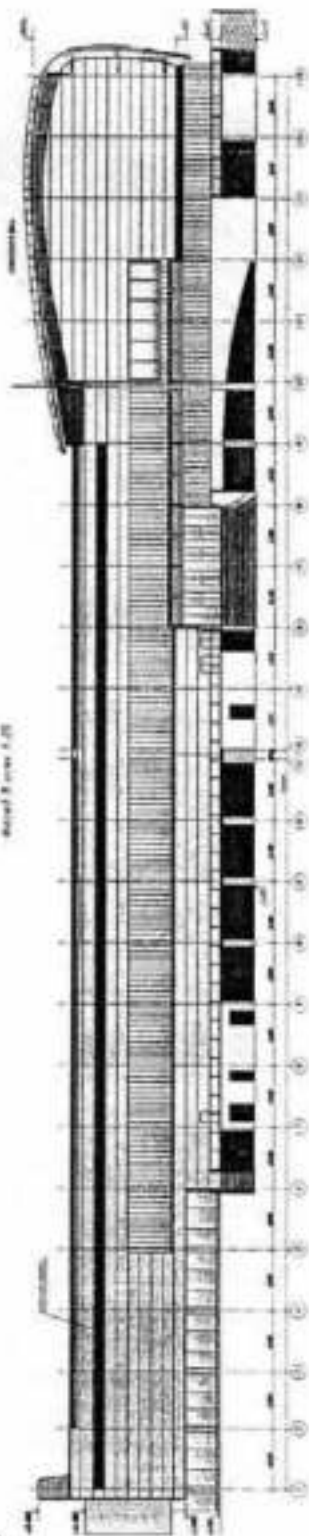


Рис. 1.50. Офісна будівля каркасно-панельної будівельної системи у м. Києві:
а – фасад

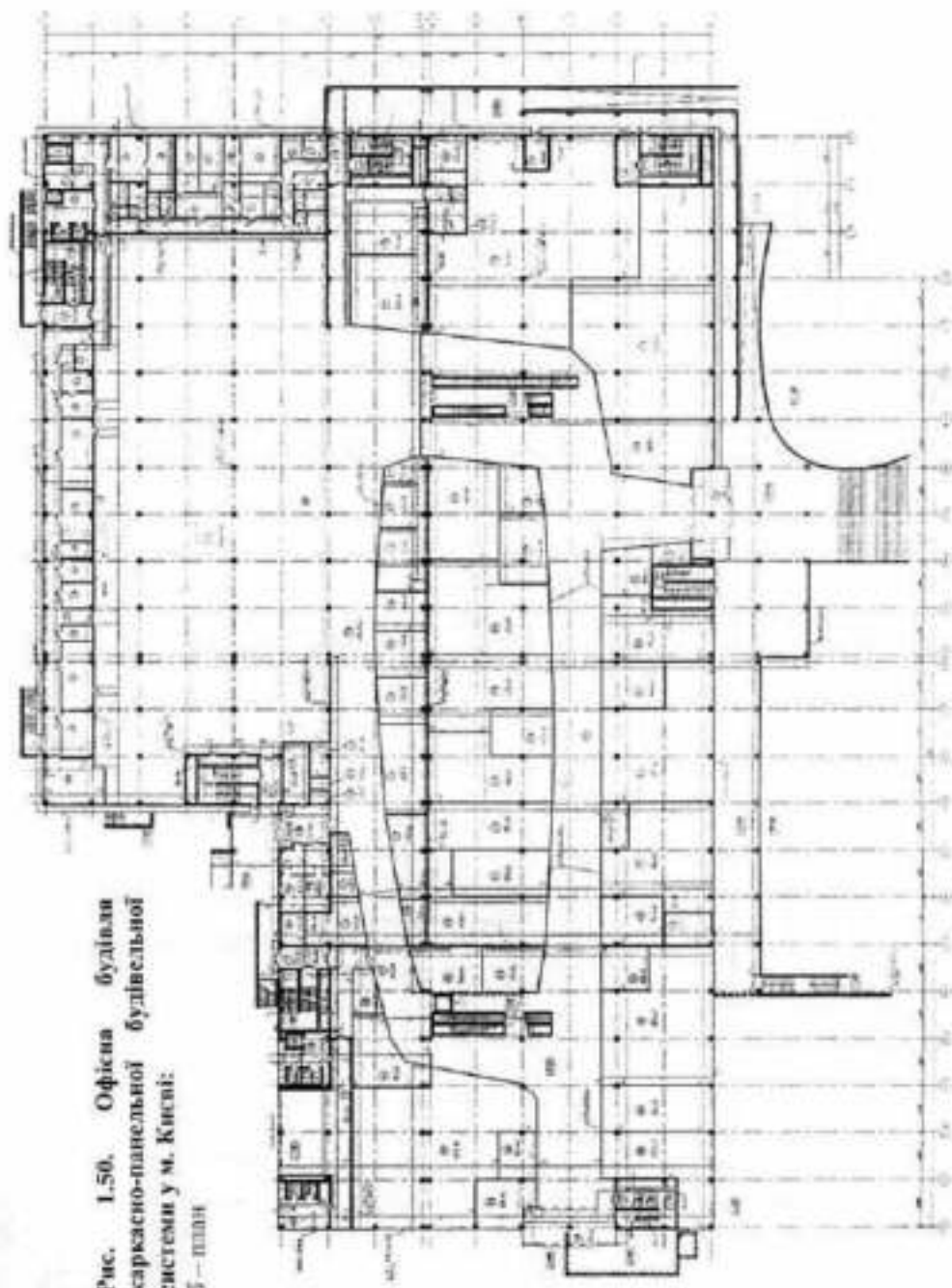


Рис. 1.50. Офісна будівля каркасно-панельної будівельної системи у м. Києві:
б — план

б

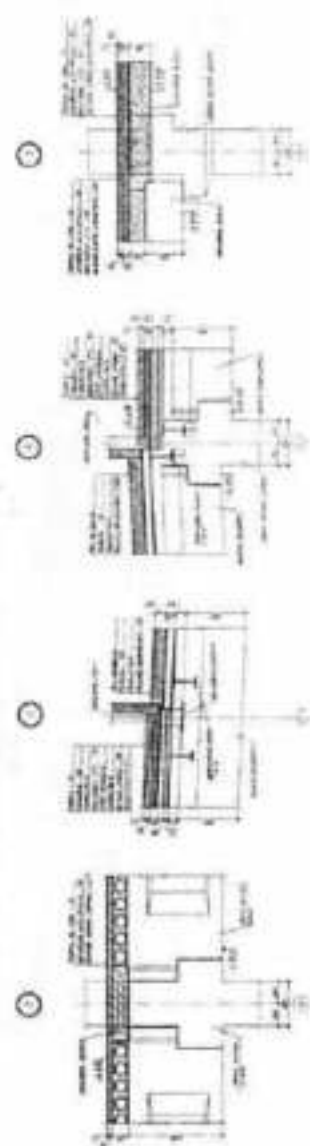
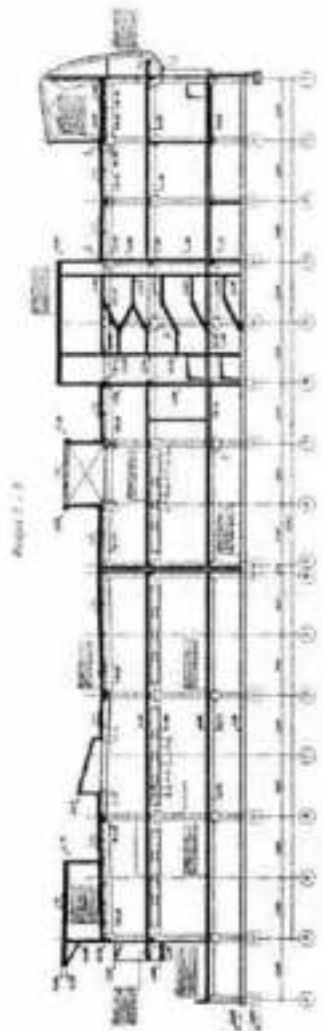
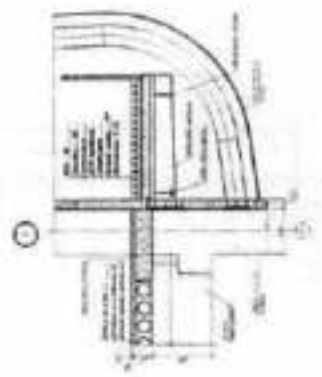
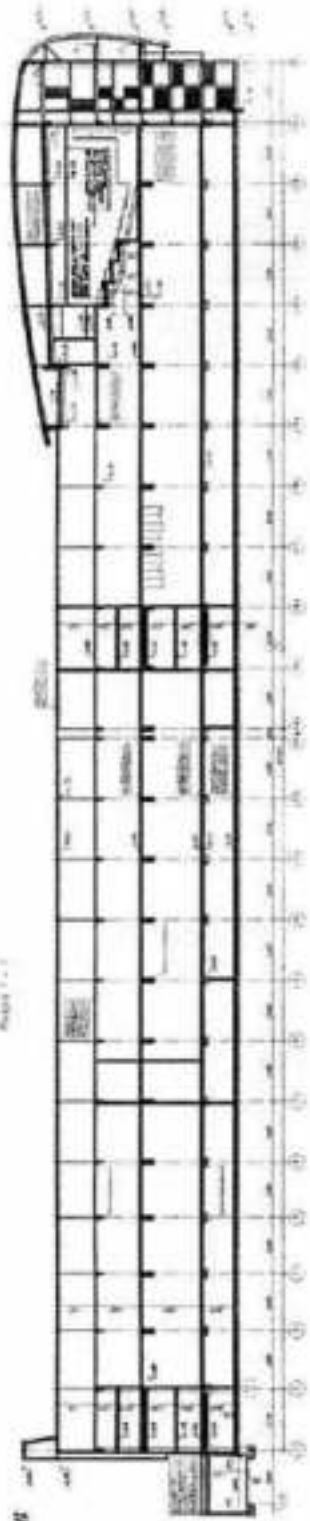


Рис. 1.50. Офісний будинок каркасно-панельної будівельної системи у Києві: а – розріз, аудит.

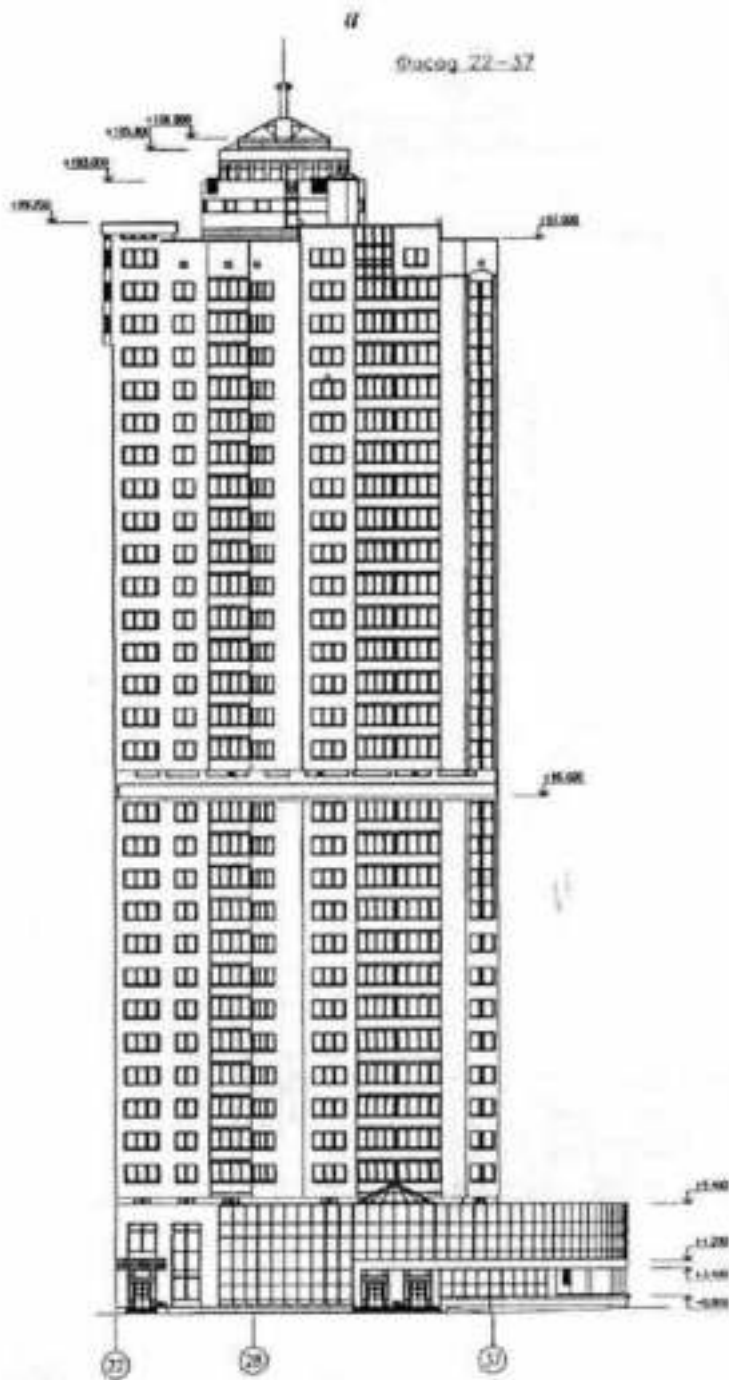


Рис. 1.51. Багатоповерховий житловий будинок каркасно-монолітної будівлі
теми:
а - фасад.

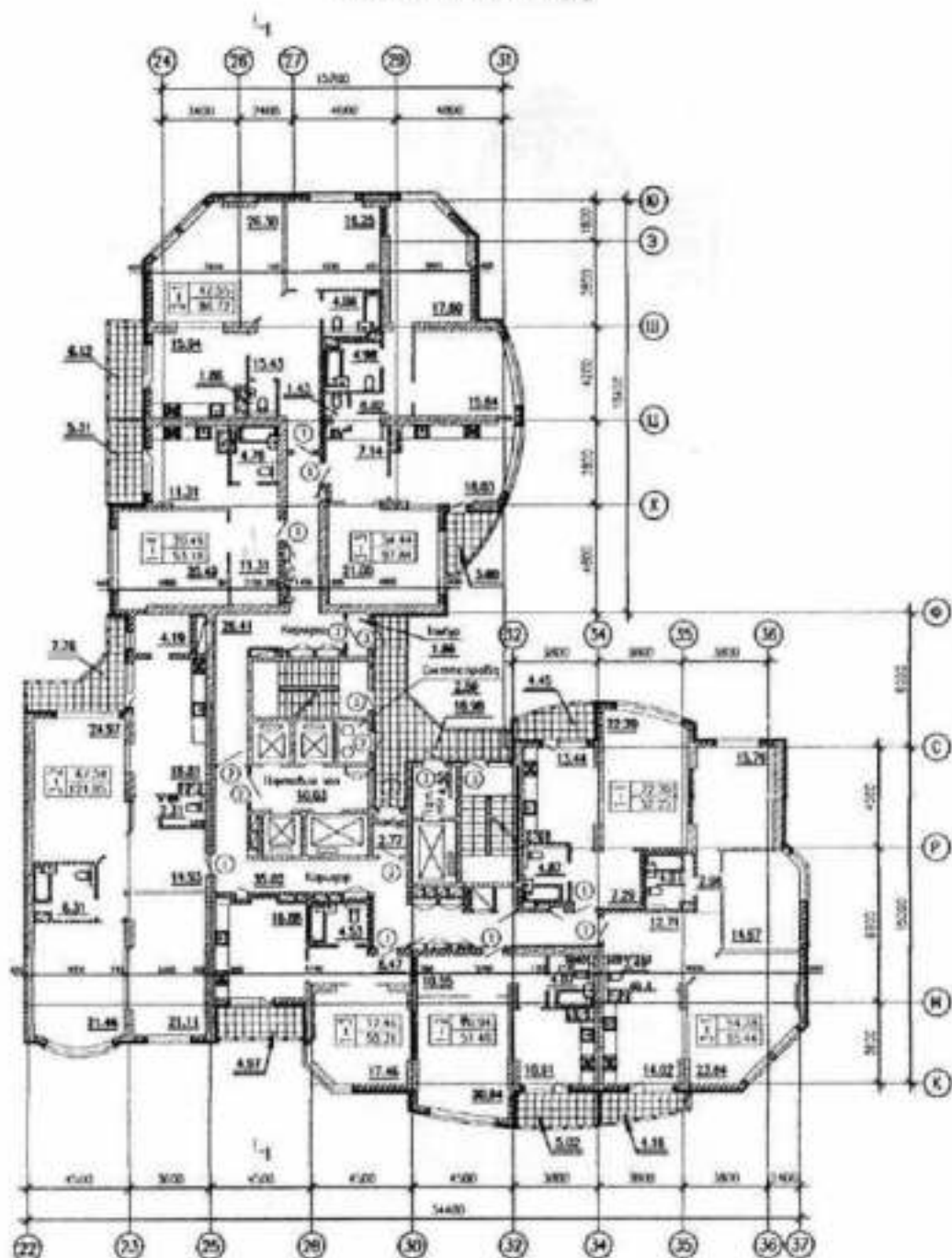


Рис. 1.51. Багатоповерховий житловий будинок каркасно-монолітної будівельної системи:

б – план поверху

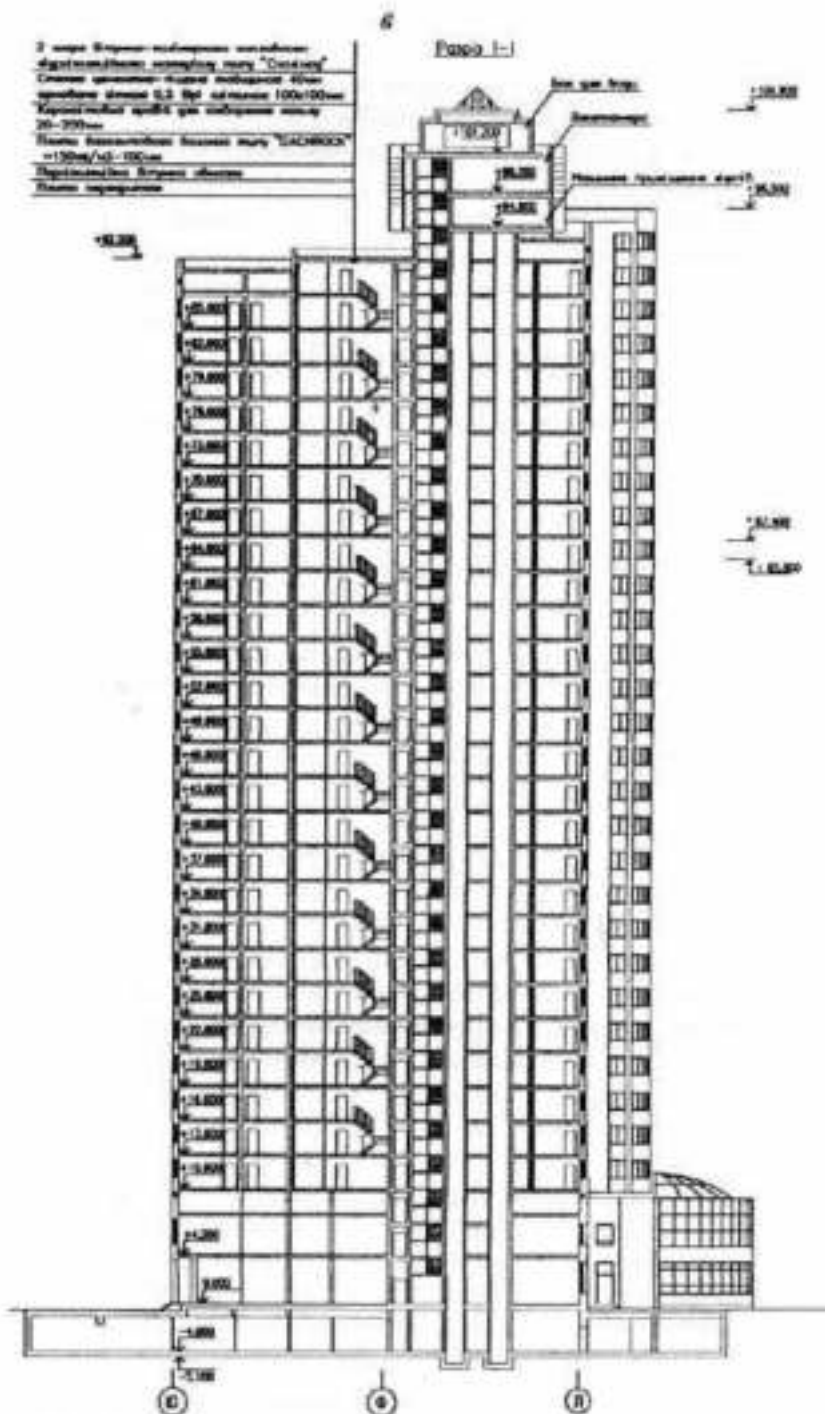


Рис. 1.51. Багатоповерховий житловий будинок каркасно-монолітної будівельної системи:

a – розріз

В Україні інтенсивний розвиток монолітного будівництва почався в 90-х роках у зв'язку з активізацією діяльності закордонних фірм, які імпортували як ідею монолітного домобудівництва, так і різноманітне технологічне обладнання для забезпечення широкого діапазону технічних рішень. На архітектурно-планувальні та конструктивні рішення будівель суттєво впливає метод бетонування несучих конструкцій будівель: для стінової конструктивної системи використовують ковзну, об'ємно-переставну, велико- і дрібнощитову та блочну опалубку, а для каркасних – дрібнощитову опалубку та метод підйому перекриттів. Останнім часом використовують конструктивно-технологічну систему будівель в опалубці, виготовленій із полімерних матеріалів, яку залишають після бетонування. Із допомогою такої опалубки, конструкції будівель отримують додаткові функції: підсилювальні, утеплювальні, гідроізоляційні або декоративні;

Будівлі швидкого зведення, всі конструктивні елементи яких (за виключенням фундаментів) виготовляють на заводах і привозять на будівельні майданчики у готовому вигляді (рис. 1.52). На будівельних майданчиках здійснюють бетонування фундаментів, монтаж несучих та огорожувальних конструкцій, оздоблювальні роботи і підключення комунікацій. В Україні за такою будівельною системою будують нежитлові будівлі: торговельні, виставково-розважальні, промислові та складські. Будівлі швидкого зведення класифікують за видом матеріалу, з якого виготовляють конструктивні елементи – метал, залізобетон і дерево.

Найбільше розповсюдження в Україні отримали будівлі з металевим каркасом, характерною особливістю яких є універсальність, можливість модифікації, адаптації до різних технологій та можлива зворотність іншого використання конструкцій при демонтажі таких будівель.

У залежності від об'ємно-планувальних рішень та навантажень, несучий каркас цих будівель монтується із металевих зварених, прокатних або гнутих профілів. Для споруд з великими прогонами (більше 30 м), в яких можна вбудовувати етажерки з міжповерховими перекриттями, важке кранове і технологічне обладнання, використовують каркас із гарячекатаних або зварених елементів. «Легкі» профілі широко використовують для прогонів конструкцій покриттів і стінових систем навісних фасадів, що суттєво знижує власну вагу огорожувальних конструкцій.

Індустріалізацію таких будівель забезпечують використанням болтових з'єднань вузлів конструктивних елементів та легких багатошарових сандвіч-панелей заводського виготовлення.

Залізобетонні будівлі швидкого введення проектується за стіновою конструктивною системою. Вони складаються з великих елементів – стінових, покрівельних, карнизних панелей і плит перекриттів, які виконують несучі та огорожувальні функції. Основним конструктивним елементом будівлі є секція, що складається із двох стінових панелей та однієї покрівельної.

Довжина і ширина таких будівель не мають обмежень, а висота – від 3 до 9 м, кількість поверхів від 1 до 3. Найчастіше такі будівлі зводять одноповерховими, багатоповерховими, двоповерховими або комбінованими.

Будівлі такого типу мають хороші економічні показники, їх швидко монтується і демонтується, вони мають малу вагу і низьку трудомісткість;

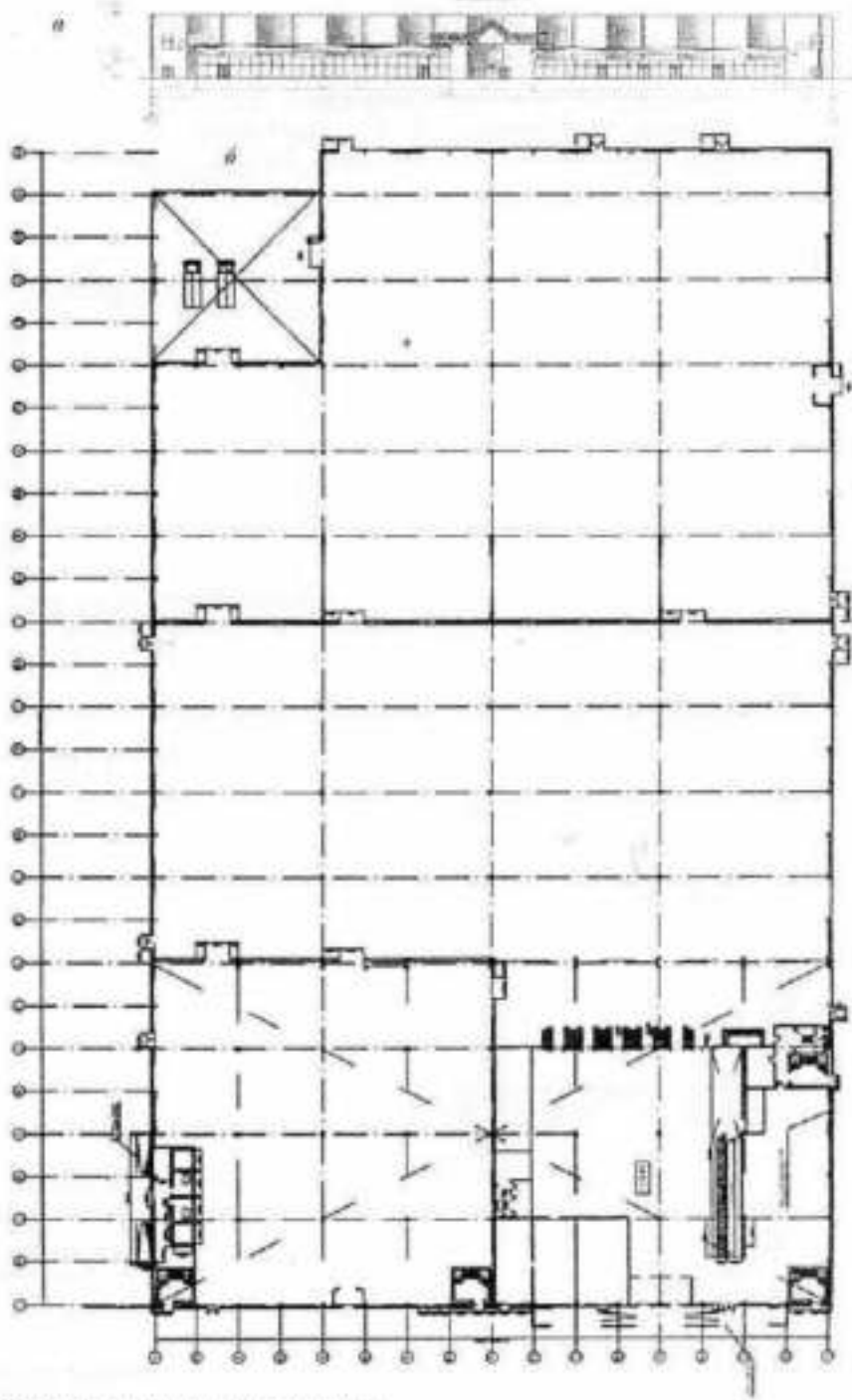


Рис. 1.52. Будівля швидкого зв'язування:
а – фасад; *б* – план

Будівельні системи з несучими конструкціями із дерева та пластмас поділяють на традиційні – з несучими рубленими стінами із колод, укладених горизонтальними рядами, та індустріальні – з несучими стінами із брусів, каркасні з заповненням простору між стійками утеплювачем із обшивкою або утепленими щитами і безкаркасні щитові та панельні. За такою будівельною системою проектують малоповерхові будівлі висотою не більше 9 м III і IV класу капітальності. Приклад житлового будинку з дерев'яних панелей, що складаються з двох шарів водостійкої фанери і шару утеплювача, наведений на рис. 1.53.

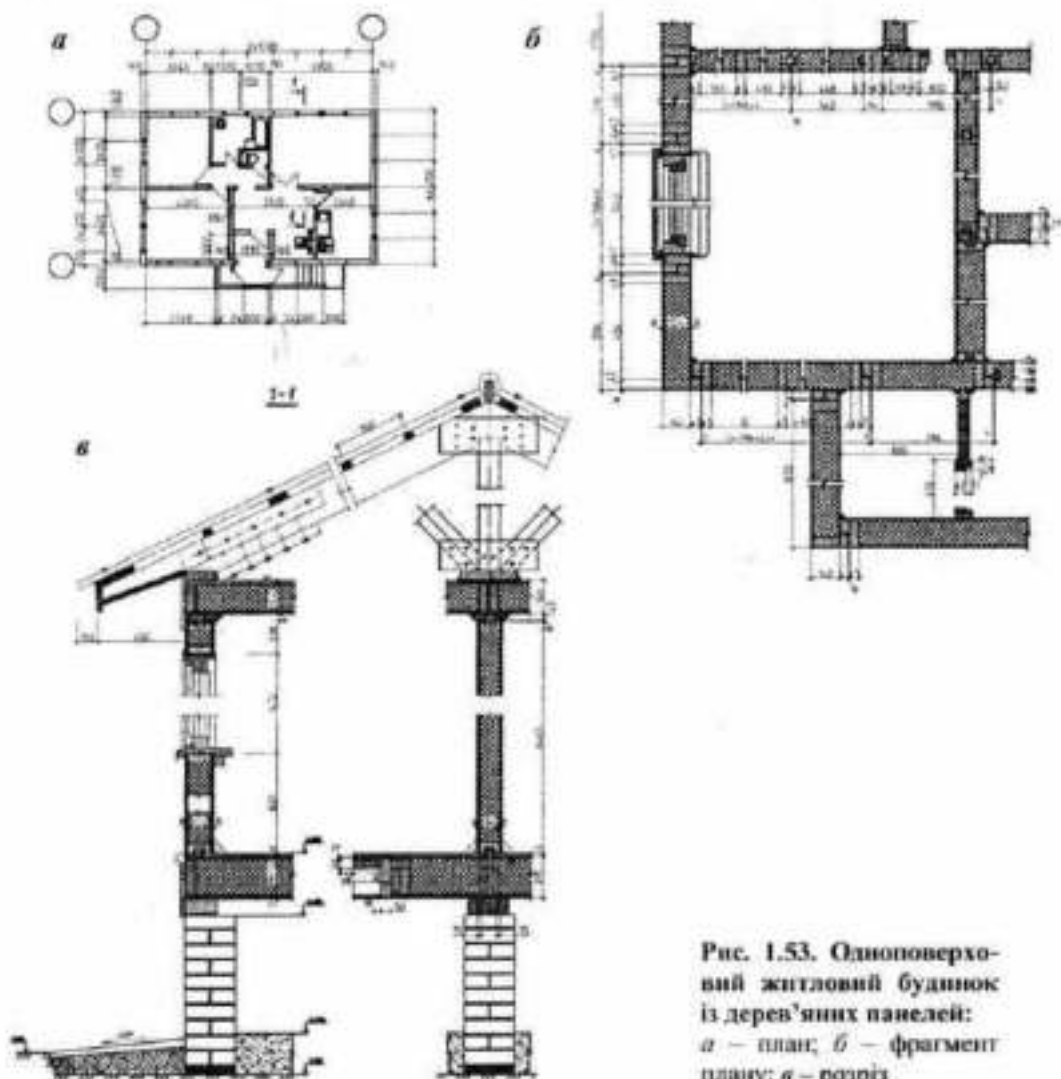


Рис. 1.53. Одноповерховий житловий будинок із дерев'яних панелей:
a – план; *б* – фрагмент плану; *в* – розріз

Комбіновані будівельні системи, основані на зведенні основних несучих конструкцій будівель з використанням різних матеріалів і технологій.

Функціональні вимоги та об'ємно-планувальні рішення будівель інколи призводять до необхідності використовувати стосовно висоти або протяжності будівель різні конструктивні системи, будівельні матеріали та технології зведення. Наприклад, при розміщенні в перших поверхах житлових будинків нежитлових зальних приміщень магазинів, ресторанів тощо.

Області використання основних і комбінованих будівельних систем дуже різноманітні. Вибір будівельної системи при проектуванні здійснюють на основі функціональних, матеріально-виробничих (наявність матеріалів і можливості виробничої бази будівництва) та техніко-економічних критеріїв.

1.8. Нормативно-технічні основи архітектурно-будівельного проектування

1.8.1. Модульна координація розмірів у будівництві

Основні положення модульної координації розмірів при проектуванні будівель і споруд установлює державний стандарт ГОСТ 28984-91 [6], який є основою уніфікації та стандартизації розмірів у будівництві для забезпечення взаємозго-дження, взаємозамінності та обмеження кількості типорозмірів будівельних виробів і елементів обладнання.

Стандарт розповсюджується на будівлі та споруди різного призначення усіх галузей народного господарства і обов'язковий при розробці:

- нормативних документів, в яких є дані про регламентацію розмірів, що використовуються у будівництві;
- проектів будівель і споруд;
- сортаментів, номенклатури, каталогів і проектів будівельних конструкцій та виробів;
- сортаментів, номенклатури, каталогів і проектів обладнання будівель.
- стандарт необов'язковий при проектуванні та будівництві будівель:
 - унікальних;
 - експериментальних, якщо такі відступи обумовлені особливостями експерименту;
 - які реконструюються, і буди побудовані раніше без дотримання правил модульної координації в будівництві та реставруються;
 - із використанням виробів із не модульними розмірами;
 - що проектуються повністю або частково із косокутними і криволінійними окресленнями, при цьому відступи допускаються у тій мірі, яка пов'язана з особливостями форми;
 - із розмірами, що встановлені спеціальними міжнародними угодами.

Модульна система це один із засобів архітектурної композиції, обумовлена технічною необхідністю для використання індустріальних методів збірного будівництва. Її задачею є координація та скорочення кількості типорозмірів будівельних виробів і елементів обладнання з метою покращення умов їх виготовлення та мон-

тажу, зниження собівартості та скорочення термінів будівництва. Основні положення модульної системи у будівництві встановлені у [6].

Модульна система координації розмірів у будівництві (МСКРБ) – це сукупність правил взаємного узгодження розмірів будівель і споруд, а також розмірів і розташування їх будівельних конструкцій та елементів, виробів і елементів обладнання на основі кратності цих розмірів установленій одиниці – *модулю*.

Використання МКРБ – це основний засіб для уніфікації об'ємно-планувальних розмірів будівель і споруд та відповідних розмірів конструктивних елементів й будівельних виробів.

Для точного визначення положення вертикальних несучих і огорожувальних конструкцій на будівельних кресленнях використовують модульну просторову координатну систему. На плані будівлі ця система має вигляд прямокутної сітки ліній, відстань між якими дорівнює вибраному планувальному модулю. Модульні осі, які збігаються із розташуванням несучих і огорожувальних конструкцій, називають координатними осями.

Модульною просторовою координатною системою називають умовну тривимірну систему площин і ліній їх перетину із відстанями між ними, які дорівнюють основному або похідним модулям. Модульна система у будівництві віддає перевагу прямокутній координатній системі (рис. 1.54, а, рис. 1.55, а), але допускає застосування косокутної та центричної координатних систем (рис. 1.55, б).

Координатна площина – це одна із площин модульної просторової координатної системи, що обмежує координатний простір.

Координатна лінія – це лінія перетину координатних площин.

Координатний простір – це модульний простір, обмежений координатними площинами, призначений для розміщення будівлі, споруди, їх елементів, конструкцій, виробів та елементів обладнання.

Координатна вісь – це одна із координатних ліній, яка визначає числування будівлі або споруди на модульні кроки, прогони і висоти поверхів. Ці осі розташовують у взаємно перпендикулярних напрямках. До них прив'язують основні несучі й огорожувальні конструкції будівель та інженерних споруд.

При проектуванні будівель, споруд, будівельних конструкцій, їх елементів і виробів на основі модульної просторової координатної системи використовують і **горизонтальні вертикальні модульні сітки** на відповідних площинах цієї системи.

Розміри та розташування елементів будівлі визначають із допомогою просторової системи модульних площин і ліній їх перетину, відстань між якими приймають кратній основному або похідному від основного модулю. Проекція просторової системи на площину утворює модульну планувальну сітку (рис. 1.54, а).

Модулем називають умовну лінійну одиницю виміру, яку використовують для координації розмірів будівель та споруд, їх елементів, будівельних виробів і обладнання.

Основний модуль (М) – це модуль, прийнятий за основу для призначення інших, похідних від нього модулів. В Україні, Росії та більшості країн із розвинутою будівельною індустрією він дорівнює 100 мм. У країнах із футо-дюймовою системою $M=4''$ (101,6 мм), що укладає міжнародну торгівлю будівельними виробами та обладнанням.

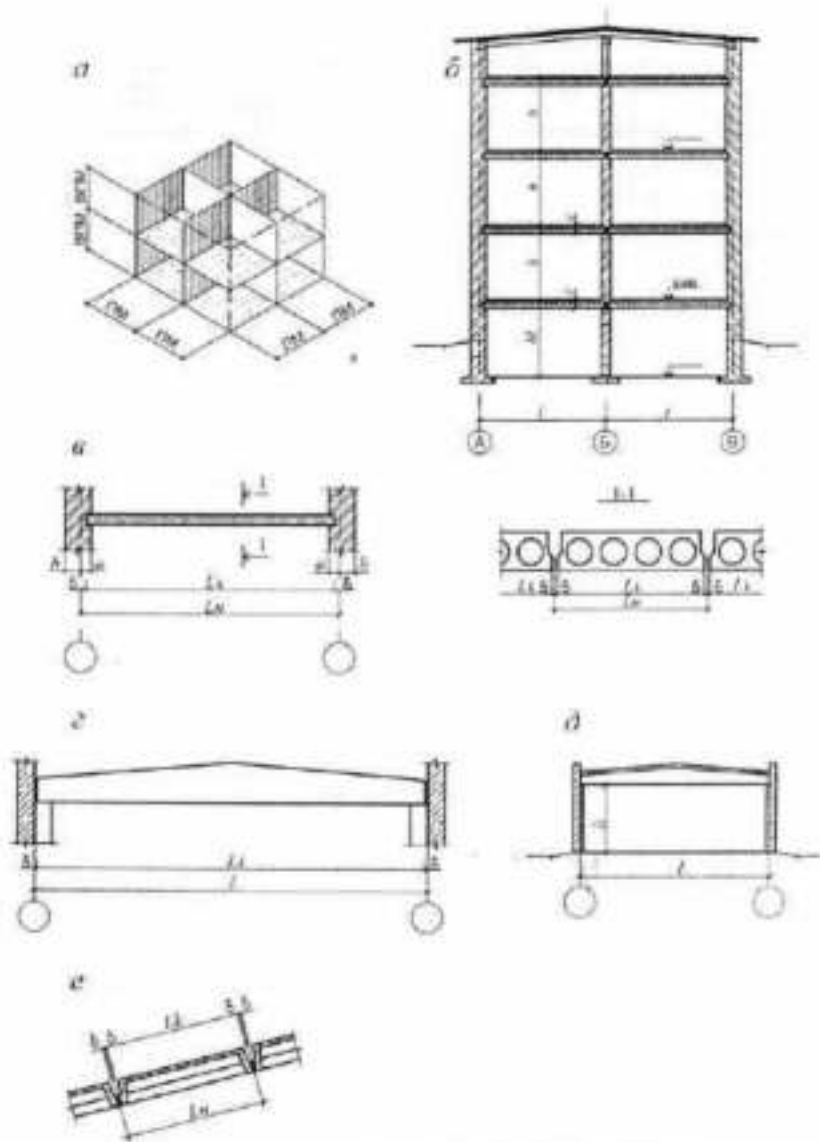


Рис. 1.54. Модульна система у будівництві:

a – система модульних плитин; *b* – розріз багатопверхової будівлі; *c* – розміри плити перекриття; *d* – розміри балки покриття; *e* – розріз одноповерхової будівлі; *e* – розміри плити покриття; ПМ – планувальний модуль; ВПМ – вертикальний планувальний модуль; *h* – висота поверху; *L* – прогін; L_n – номінальний розмір конструкції; L_c – конструктивний розмір конструкції; δ – нормований зазор між конструкціями; *c* – будівельна висота перекриття; *a* – внутрішня прив'язка; *b* – зовнішня прив'язка

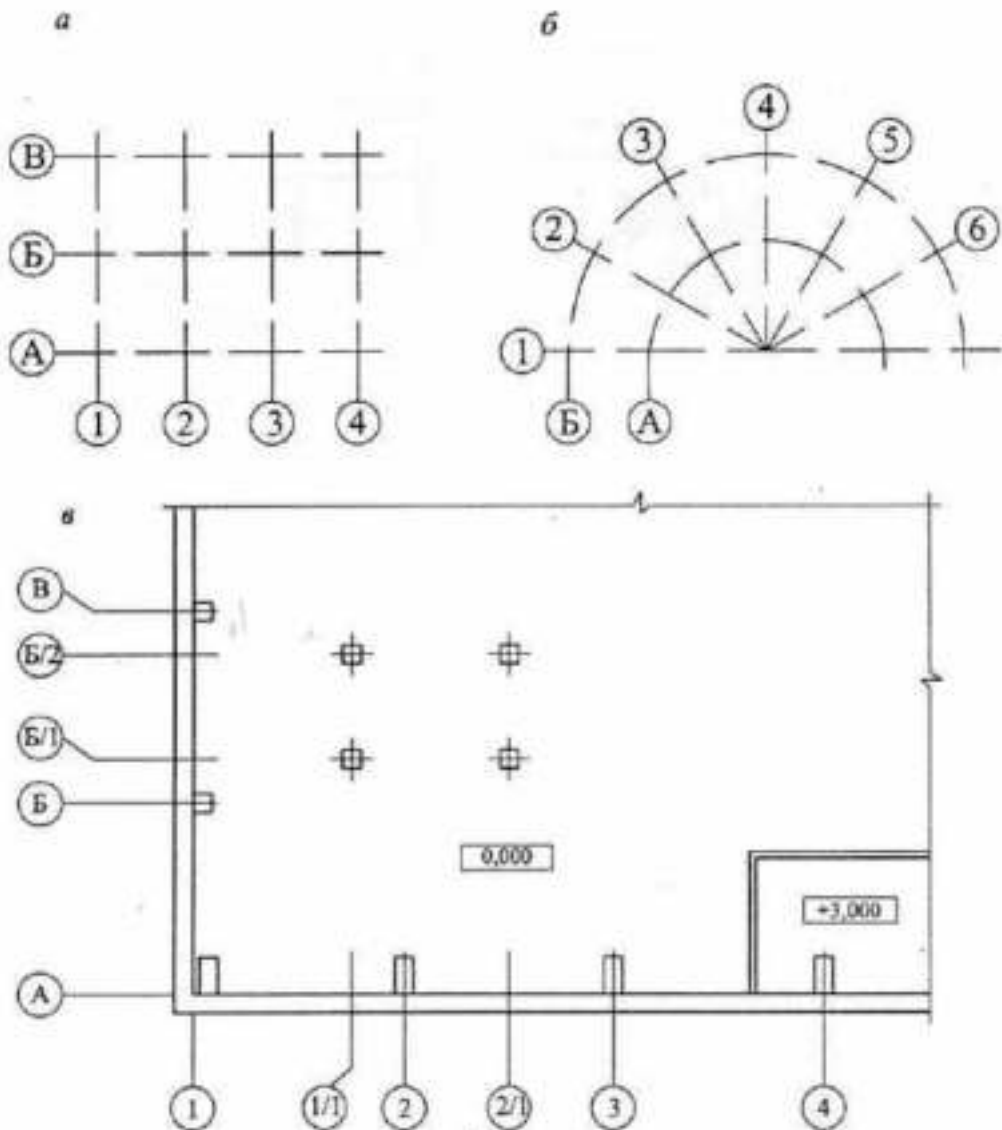


Рис. 1.55. Позначення координаційних осей на планах будівель:

a – прямокутної координаційної системи; *б* – центричної координаційної системи; *a* – позначення додаткових координаційних осей

Для зручності користування МСКРБ дозволяється використовувати, на основі модуля $M=100$ мм, похідні модулі $n \times M$. Для призначення загальних розмірів будівель, наприклад, ширини, довжини, розмірів прогонів і кроків колон, висот поверхів тощо, використовують збільшені модулі ($n > 1$). Подрібнені модулі ($n < 1$) використовують для призначення розмірів перерізів колон, балок, віконних рам, товщини ізоляційних плит, листових матеріалів, зазорів між конструктивними елементами тощо. У залежності від використання, похідні модулі називають також планува-

льними, висотними, модулями розмірів конструктивних елементів, ширини або висоти прорізів тощо.

Збільшений модуль (мультимодуль) – це похідний модуль, кратний основному модулю в ціле число раз: 3М, 6М, 12М, 15М, 30М і 60М.

Подрібнений модуль (субмодуль) – це похідний модуль, який складає частину від основного: 1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М і 1/100М.

Модульний розмір – це розмір, який дорівнює або кратний основному або похідному модулю в границях, встановлених для нього зоною застосування (табл. 1.11).

Таблиця 1.11

Границі застосування модулів, СТ СЭВ 1001-78

| Позначення модуля | Зона застосування | Граничні розміри застосування, мм |
|--------------------|--|--------------------------------------|
| Основний | | |
| М | За всіма вимірами | 100...1200 |
| Збільшений | | |
| 2М | У плані По вертикалі | 200...3600 2800 |
| 3М | У плані та по вертикалі | 300...3600 |
| 6М | У плані По вертикалі | 600...7200 600...без обмеження |
| 6М | У плані По вертикалі | 600...7200 600...без обмеження |
| 12М | У плані По вертикалі | 1200...7200 1200... без обмеження |
| 15М | У плані | 1500...12000 |
| 30М | У плані | 3000...18000 |
| 60М | У плані | 6000...без обмеження |
| Подрібнений | | |
| 1/2М | За всіма вимірами перерізів конструкції | 50...600 |
| 1/5М | | 20...300 |
| 1/10М | | 10...150 |
| 1/20М | | 5...100 |
| 1/50М | | 2...50 |
| 1/100 | | 1...20 |

Примітка 1. Допускається застосування координаційної висоти поверху $H_p=2800$ мм, що кратна модулю М поза встановленої зони застосування.

Примітка 2. Збільшений модуль 2М призначений лише для житлово-громадського будівництва при умові наявності масового виробництва будівельних виробів або обладнання для виготовлення виробів із розмірами, які відповідають цьому модулю.

Примітка 3. За вертикальними розмірами будівлі модулі 12М, 6М, 3М узгоджені з нормальною висотою сходов 150 мм. Для житлових будинків при висоті приміщення 2500 мм ($\pm 2\%$), а також як виключення при висоті поверху 2800 можна приймати особливі розміри сходов.

Таким чином, правилами МСКРБ встановлені визначені межі використання похідних модулів. Збільшений модуль, який покладений в основу визначення планувальних рішень будівель, *планувальний модуль* ПМ, використовують: для цегляних будівель 2М і 3М (300 мм), для панельних – 3М, 6М і 12М, для каркасних – 30М і 60М. Для визначення висоти поверхів усіх будівель, ширини та висоти прорізів, простінків у зовнішніх стінах, розмірів панелей і стінових блоків використовують основний та збільшений модулі М, 3М і 6М. Основний М і подрібнений 1/2М модулі застосовують для призначення розмірів перерізів конструктивних елементів – колон, балок, товщини стін і балок перекриття, а також розмірів віконних і дверних прорізів. Модуль 1/5М використовують для призначення малих розмірів елементів (товщини плит перекриттів і тонкостінних конструкцій, розмірів балок і перемичок). Подрібнені модулі 1/10М, 1/20М, 1/50М і 1/100М застосовують для призначення товщини плитних і листових матеріалів, ширини зазорів і швів між елементами та розмірів допусків при виготовленні виробів тощо.

МСКРБ передбачає використання наступних розмірів (рис. 1.54, а, з, е):

координаційний – це модульний розмір, який визначає межі координаційного простору в одному із напрямів будівлі (прогонів L , кроків B і висот поверхів H будівель і споруд);

номінальний – це модульний розмір будівельної конструкції, конструктивного елемента, виробу, елемента обладнання, який дорівнює або кратний основному чи похідному модулю;

конструктивний – це проектний розмір будівельної конструкції, конструктивного елемента, виробу, елемента обладнання, який відрізняється від координаційного на величину нормативного зазору δ між конструкціями або виробами;

натурний – це фактична відстань між координаційними осями побудованої будівлі або фактичні розміри його конструктивних елементів і виробів. Натурні розміри можуть відрізнятися від номінальних та конструктивних лише в межах установлених допусків ДСТУ, величини яких залежать від встановленого класу точності для кожного типу виробів.

Номінальні розміри конструктивних елементів установлюють у залежності від основних координаційних розмірів будівлі та приймають:

– рівними основним координаційним розмірам будівлі, якщо відстань між двома координаційними осями будівлі повністю заповнена цим елементом, наприклад, довжина ферми покриття або плити перекриття, висота колони каркаса або стінової панелі;

– рівними частині основного координаційного розміру будівлі, якщо декілька конструктивних елементів заповнюють відстань між двома координаційними осями будівлі, наприклад, ширина плити перекриття, стінові панелі;

– більшими від основного координаційного розміру будівлі, якщо конструктивний елемент виходить за межі основного координаційного розміру будівлі, наприклад, довжина ферми покриття з консолями, рама з консолями.

Номінальні розміри прорізів вікон, дверей і воріт, розміри конструктивних елементів у плані та за висотою, а також розміри кроків і висот поверхів у будівлях призначають переважно кратними збільшеним модулям 12М, 6М і 3М.

1.8.2. Правила розмірної прив'язки конструктивних елементів будівель до координаційних осей

Розташування і взаємозв'язок будівельних конструкцій та елементів будівель слід координувати на основі модульної просторової координаційної системи шляхом їх прив'язки до координаційних осей [6].

Модульна просторова координаційна система та відповідні модульні сітки із членуваннями, кратними визначеному збільшеному модулю, повинні бути, як правило, *безперервними* для всієї будівлі, що проектується.

Перерву модульну просторову координаційну систему із парними координаційними осями і вставками між ними, які мають розмір c , кратний модулю M або подрібненому модулю $1/2M$ або $1/5M$, допускається використовувати для будівель у місцях влаштування деформаційних швів. Для будівель стінової конструктивної системи перервну систему допускається використовувати: при товщині внутрішніх стін 300 мм і більше для забезпечення необхідної площі спирання уніфікованих елементів перекриттів або більш повної уніфікації типорозмірів індустріальних виробів.

Вставка – це простір між двома суміжними основними координаційними площинами у місцях розриву модульної координаційної системи, в тому числі, у місцях деформаційних швів.

Прив'язкою до координаційної осі називають розташування конструктивних елементів будівлі та обладнання по відношенню до координаційних осей.

Прив'язку конструктивних елементів визначають відстанню від координаційної осі до зовнішньої або внутрішньої площини елемента, або до геометричної осі його перерізу.

Прив'язку несучих стін і колон до координаційних осей здійснюють за перерізами, які розташовані у рівнях спирання на них верхнього перекриття або покриття.

Правила прив'язки різні для будівель несхожих конструктивних систем.

Прив'язку зовнішніх несучих стін і зовнішніх рядів колон до координаційних осей виконують із умови забезпечення максимально більшої однакоості між розмірами рядових і крайніх збірних елементів конструкцій – довжиною балок, ферм, шириною панелей перекриттів, стін тощо. Крім того, враховується можливість універсального використання однакових типорозмірів елементів конструкцій для різних будівельних і конструктивних систем будівель. Наприклад, панелей перекриттів для будівель традиційної, великоблокової або панельної будівельних систем.

Прив'язку конструктивних елементів до координаційних осей може бути: *«нульовою»* – якщо внутрішня грань конструкції збігається з координаційною віссю (приймається для зовнішніх самонесучих, фахверкових та навісних стін і колон); *«матеріальною»* – якщо відстань від внутрішньої грані конструкції до координаційної осі дорівнює 100, 200, 250 або 500 мм (приймається для зовнішніх несучих стін та колон); *«центральною»* – якщо геометрична та координаційна осі збігаються (приймається для внутрішніх несучих стін та колон) (рис. 1.56...1.57).

Прив'язку *внутрішніх несучих стін* до координаційних осей виконують із розрахунку, щоб геометричні осі елементів у рівні верхнього поверху або верхньої частини одноповерхової будівлі суміщались із координаційними осями, та при-

ймають «центральною» (рис. 1.56, а). Виключення допускаються у разі доцільності для масового використання уніфікованих будівельних виробів, наприклад, у сходових клітках.

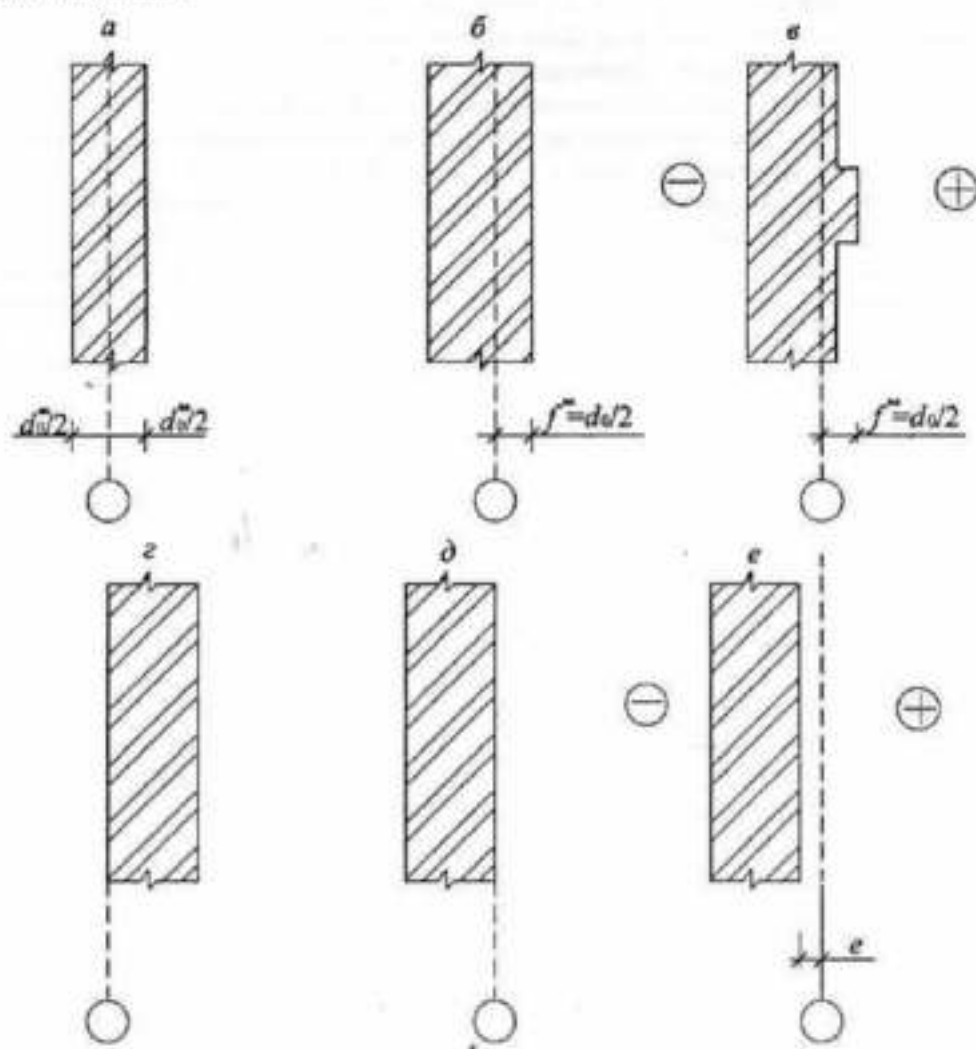


Рис. 1.56. Прив'язка стін до координаційних осей:

а – внутрішніх несучих стін; б, в – зовнішніх несучих стін; з, д, е – зовнішніх самонесучих, фахверкових і навісних стін; ⊕ – внутрішня площина стін знаходиться з правого боку кожного зображення

Внутрішня координаційна площина **зовнішніх несучих стін** повинна зміщуватися всередину будівлі на відстань f^* від координаційної осі (рис. 1.56, б, в), яка дорівнює половині координаційного розміру товщини паралельної внутрішньої несучої стіни $d_w/2$ чи кратна М, 1/2М або 1/5М. При спиранні плит перекриттів на всю

товщину несучої стіни допускається суміщення зовнішньої координаційної площини стін із координаційною віссю (рис. 1.56, *з*).

При стінах із не модульної цегли і каменя допускається розмір прив'язки корегувати із метою використання типових розмірів плит перекриттів, елементів сходів, вікон, дверей та інших елементів, які використовуються при інших конструктивних системах будівель і уставляються у відповідності до модульної системи.

Внутрішня координаційна площина зовнішніх самонесучих, фахверкових і ввісних стін повинна суміщатися із координаційною віссю (рис. 1.56, *д*) або зміщуватися на розмір e із урахуванням прив'язки несучих конструкцій у плані та особливостей примикання стін до вертикальних несучих конструкцій або перекриттів (рис. 1.56, *е*).

Прив'язка колон до координаційних осей в каркасних будівлях повинна прийматися у залежності від їх розташування в будівлі.

Колони середніх рядів необхідно розташовувати так, щоб геометричні осі їх перерізів суміщались із координаційними осями (рис. 1.57, *а*). Допускаються інші прив'язки колон у місцях деформаційних швів, перепаду висот і у торцях будівель, а також в окремих випадках, обумовлених уніфікацією елементів перекриттів у будівлях із різними конструкціями опор.

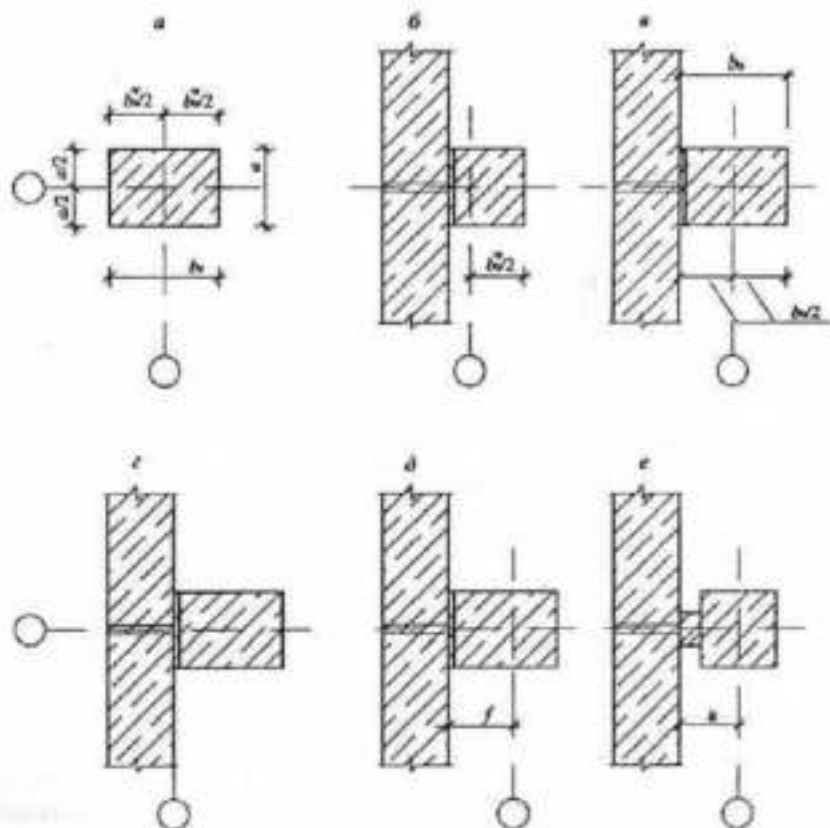


Рис. 1.57. Прив'язка колон каркасних будівель до координаційних осей:

а – середніх колон; *б*, *д* – крайніх рядів; *е* – біля торців будівель; *г* – фахверкова колона

Прив'язку крайніх рядів колон каркасних будівель до крайніх координаційних осей приймають із урахуванням уніфікації крайніх елементів конструкцій (ригелів, стінових панелей, плит перекриттів і покриттів) із рядовими елементами. При цьому в залежності від типу та конструктивної системи будівлі, прив'язку слід здійснювати одним із наступних способів:

- внутрішню координаційну площину колони зміщують від координаційних осей всередину будівлі на відстань, яка дорівнює половині координаційного розміру ширини колони середніх рядів $b_0^{уд} / 2$ (рис. 1.57, б);

- геометричну вісь колон суміщають із координаційною віссю (рис. 1.57, в);
- зовнішню координаційну площину колони суміщають із координаційною віссю (рис. 1.57, г).

Зовнішню координаційну площину колони допускається зміщувати від координаційних осей назовні на відстань f (рис. 1.57, д), яка кратна $3M$ і, при необхідності, M або $1/2M$.

У торцях будівель для установки фахверкових колон допускається зміщувати геометричні осі колон всередину будівель на відстань k (рис. 1.57, е), кратну модулю $3M$ і, при необхідності, M або $1/2M$.

При прив'язці колон крайніх рядів до координаційних осей, які перпендикулярні до напрямку цих рядів, необхідно суміщати геометричні осі колон із указаними координаційними осями. Винятки можливі по відношенню до кутових колон і колон біля торців будівель і деформаційних швів.

В будівлях, у місцях перепаду висот і деформаційних швів, які проєктують на парних або одинарних колонах (або несучих стінах), прив'язку до координаційних осей здійснюють за наступними правилами:

- відстань c між парними координаційними осями (рис. 1.58, а, б, в) повинна бути кратною модулю $3M$ і, при необхідності, M або $1/2M$. Прив'язка кожної із колон до координаційних осей повинна прийматися у відповідності з попередніми вимогами;

- при парних колонах або несучих стінах, які прив'язуються до одинарної координаційної осі, відстань k від координаційної осі до геометричної осі кожної з колон (рис. 1.58, г) повинна бути кратною модулю $3M$ і, при необхідності, M або $1/2M$;

- при одинарних колонах, які прив'язують до одинарної координаційної осі, геометричну вісь колон суміщають із координаційною віссю (рис. 1.58, д).

При розташуванні стіни між парними колонами одна з її координаційних площин повинна збігатися з координаційною площиною однієї з колон.

В об'ємно-блокових будівлях об'ємні блоки розташовують симетрично між координаційними осями безперервної модульної сітки.

Таким чином, для розміщення запроєктованої будівлі на конкретній ділянці майбутнього будівництва його основні геометричні параметри необхідно узгодити з конкретними геодезичними точками на місцевості. Ці параметри називають координаційними або модульними осями будівлі. Для їх виявлення проєкт будівлі у плані розділяють осьовими лініями, які призначають для основних вертикальних конструктивних елементів будівлі.

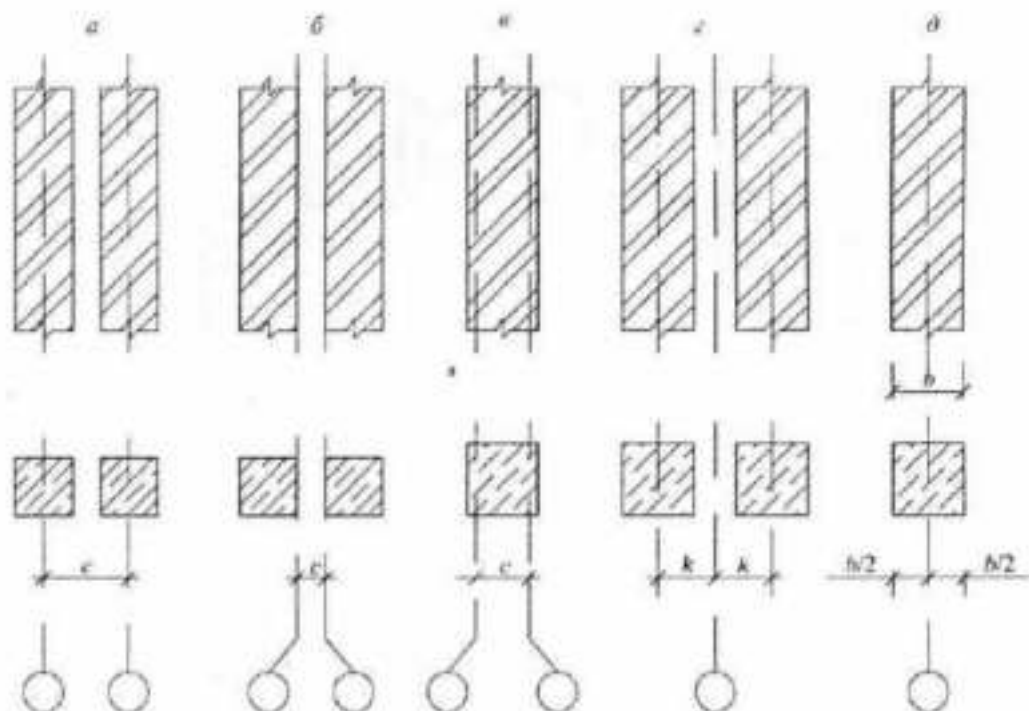


Рис. 1.58. Прив'язка стін і колон до координаційних осей у місцях деформаційних швів:

а, б – на парних осях із парними стінами або колонами; в – на парних осях із одинарними стінами або колонами; г – на одинарній осі із парними стінами або колонами; д – на одинарній осі.

На планах будівель арабськими цифрами (зліва – направо) позначають координаційні осі по стороні будівлі або споруди, що має більшу кількість таких осей, тобто по довгій стороні плану, а великими літерами українського алфавіту (знизу – вгору) – по короткій стороні плану (рис. 1.59, а).

Розрізка будівель та споруд за вертикально, рівні окремих поверхів та горизонтальні позначки (прорізів, опор балок або ферм, площадок тощо) прив'язують до модульних горизонтальних площин, які відповідають *вертикальному планувавальному модулю* (рис. 1.59, б, в).

Висота поверху – це розмір по вертикалі від рівня чистої підлоги попереднього (нижче розташованого) до того ж рівня верхнього поверху або до верху горизонтального перекриття. В нежитлових одноповерхових будівлях каркасної конструктивної системи, висота – це розмір від рівня чистої підлоги до верху колони або низу кроквяної конструкції покриття.

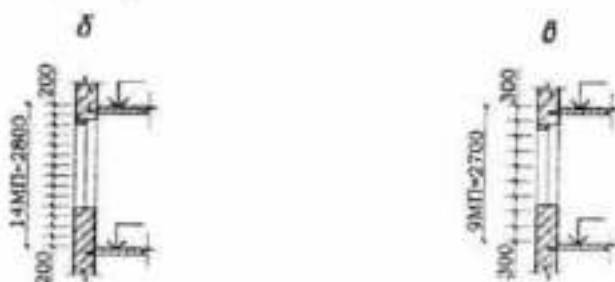
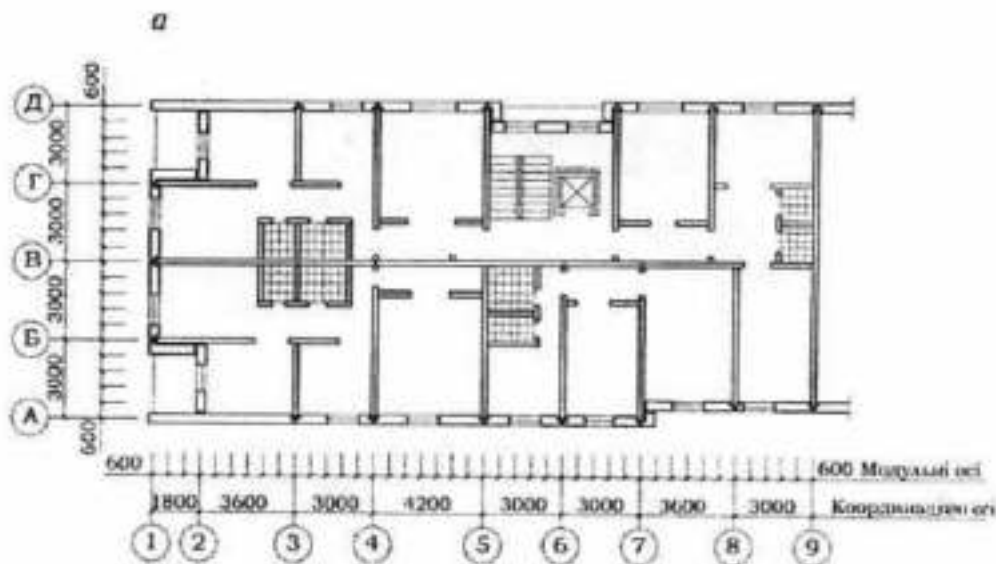


Рис. 1.59. Модульні та координаційні осі:
a – горизонтальний планувальний модуль ПМ-6; *б* – вертикальний планувальний модуль ПМ-2; *в* – вертикальний планувальний модуль ПМ-3

Висоту поверху приймають: у багатопверхових будівлях, як відстань між позначками підлог двох суміжних поверхів; у верхніх поверхах багатопверхових будівель і одноповерхових будівлях із горизонтальними перекриттями – від позначки підлоги до позначки верха горизонтального перекриття; в одноповерхових будівлях і верхніх поверхах багатопверхових будівель без горизонтальних перекриттів – від позначки підлоги до низу несучих конструкцій покриття (балок, ферм, прогонів).

Висота приміщення – це розмір по вертикалі від рівня чистої підлоги до стелі.

Об'ємно-планувальний елемент – це частина будівлі, яка має основні координаційні розміри: прогін, крок, висоту поверху (рис. 1.60).

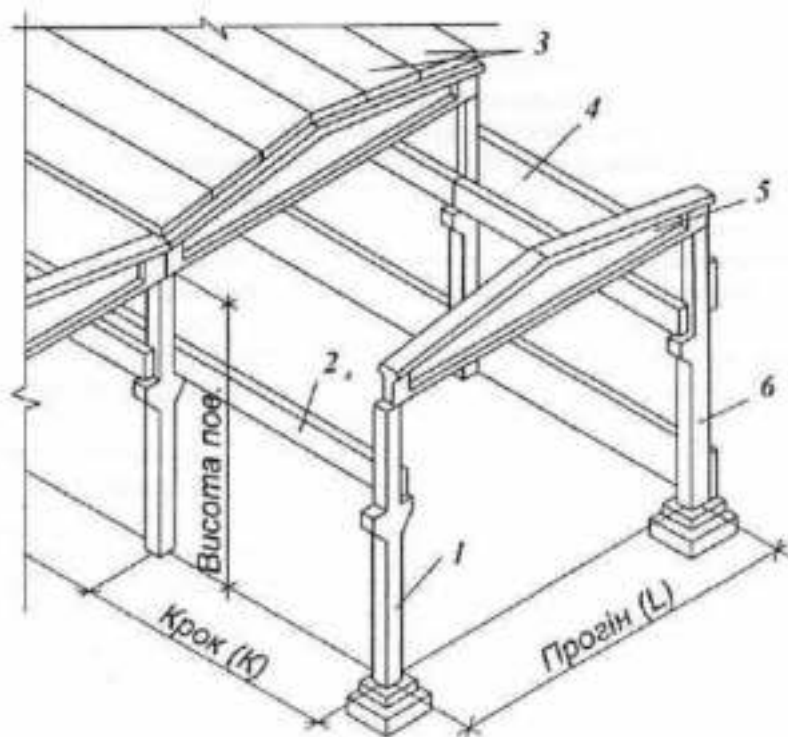


Рис. 1.60. Об'ємно-планувальний елемент будівлі каркасної конструктивної системи: 1 – середня колона; 2 – підкранова балка; 3 – плита покриття; 4 – стінова панель; 5 – крок'яна балка; 6 – крайня колона

Прогін – це відстань між координаційними осями вертикальних несучих елементів будівлі (колон, стін) уздовж найбільшого із несучих конструкцій перекриття або покриття (довжина ферми, балки, плити).

Крок – відстань між координаційними осями несучих конструкцій будівлі (стін, колон, другорядних балок, плит) у перпендикулярному до прогону напрямі.

Планувальний елемент – це горизонтальна проекція об'ємно-планувального елемента.

1.8.3. Типізація у будівництві

Основою ефективного розвитку індустріалізації будівництва є уніфікація, типізація та стандартизація об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель та їх конструкцій.

Основою масового житлового та нежитлового будівництва є типове проектування, представлене системою серійної розробки архітектурно-конструктивних проектів на основі типізації будівель, їх фрагментів або окремих елементів з метою багатократного повторення в будівництві.

Типізація називають технічний напрям у проектуванні та будівництві, який дозволяє багатократно будувати, як окремі конструкції, так і цілі будівлі на основі відбору кращих проектних рішень з технічної та економічної точок зору.

Відповідні проекти називають типовими. Типовими бувають: проекти житлових і нежитлових будівель різного функціонального призначення, конструктивні елементи будівель та споруд, об'ємно-планувальні елементи тощо.

Типова серія – це набір будівель різних параметрів, складених із взаємно сумісних конструкцій.

Типове проектування – це розробка типових проектів будівель та споруд, призначених для багатократного використання в будівництві.

У залежності від умов і районів будівництва, в одних випадках доцільно використовувати індивідуальні проекти, в інших, при масовій забудові, – типові проекти або проектування будівель із типових збірних виробів і деталей для надання індивідуальних рис масовій забудові.

Розроблена та перевірена на практиці значна кількість збірних залізобетонних індустріальних типових конструкцій – колон, ригелів, балок, ферм, плит перекриттів та покриттів, стінових панелей, сходових маршів та площадок тощо. Вони об'єднані у каталоги, а їх використання значно спрощує процес будівництва. Можливості каталогу постійно розширюються випуском взаємозамінних або універсальних будівельних конструкцій.

Універсальність – це можливість використовувати одні і ті ж вироби для будівель різного призначення.

Найбільш досконалі та якісні у технічному відношенні типові конструкції, відібрані після багатократного їх виготовлення та використання, стандартизують. Приклади державних стандартів, які отримали масове розповсюдження у будівництві: ДСТУ на вікна, двері, перемички, стінові фундаментні блоки тощо.

1.8.4. Стандартизація, уніфікація та сертифікація у будівництві

Стандартизація – це діяльність по установленню норм, правил і характеристик (вимог) з метою забезпечення: безпеки продукції, робіт і послуг для навколишнього середовища, життя, здоров'я та майна; технічної та інформаційної сумісності, а також взаємозамінності продукції; якості продукції, робіт і послуг у відповідності з рівнем розвитку науки, техніки і технології; єдності вимірів; економії всіх видів ресурсів.

Об'єкти стандартизації у будівництві – це продукція підприємств будівельної індустрії та промисловості будівельних матеріалів, проектна продукція, об'єкти будівництва: будівлі та споруди, роботи і послуги у будівництві.

Нормативний документ із стандартизації – документ, в якому містяться правила, загальні принципи, характеристики об'єктів стандартизації, що торкаються визначених видів діяльності або результатів, доступних широкому колу споживачів. Стандарт – це нормативний документ по стандартизації, розроблений, як правило, на основі згоди та відсутності заперечень за суттєвими питаннями у більшості зацікавлених сторін і затверджений державним органом.

Стандарти ґрунтуються на узагальнених результатах науки, техніки і практичного досвіду та направлені на досягнення оптимальної користі для суспільства.

В Україні роботу по стандартизації в будівництві організують і затверджують Державні органи. На початок 1992 року в будівництві діяло близько 1200 нормативних документів Радянського Союзу, які повинні бути переглянуті, доопрацьовані, переведені на українську мову та введені у дію. Станом на кінець 2008 року було розроблено, затверджено та введено в дію для будівельної галузі більше 300 нормативних документів (ДБН і ДСТУ). Інформацію про чинні нормативні документи містить в собі «Перелік нормативних документів в галузі будівництва», який діє на території України.

Сумісність – придатність продукції, процесів і послуг до сумісного використання, що не викликає небажаних взаємодій при заданих умовах для виконання встановлених вимог.

Взаємозамінність – придатність для використання одного виробу, процесу або послуги замість іншого виробу, процесу або послуги з метою виконання одних і тих же вимог. **Взаємозамінність у будівництві** – це можливість заміни однієї конструкції іншою без зміни параметрів будівлі. Наприклад, заміна залізобетонних балок перекриттів металевими.

Уніфікація – це вибір оптимальної кількості різновидів продукції, процесів і послуг, значень їх параметрів і розмірів.

Уніфікацією в будівництві називають встановлення доцільної однотипності об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, будівель та їх конструктивних елементів з метою скорочення кількості типів, розмірів, забезпечення взаємозаміни та універсальності рішень. Уніфікують: об'ємно-планувальні параметри будівель, розміри конструкцій та їх деталей, нормативні навантаження та несучу здатність конструктивних елементів, їх основні властивості, наприклад, тепло- та звукоізоляційні.

Основними задачами стандартизації є [45]:

- забезпечення взаємного порозуміння між розробниками, виробниками, продавцями і споживачами (замовниками);
- встановлення оптимальних вимог до номенклатури та якості продукції;
- встановлення вимог до сумісності (конструктивної, інформаційної), а також взаємозамінності продукції;
- узгодження та ув'язка показників і характеристик продукції та її елементів;
- уніфікація на основі встановлення та використання параметричних і типових розмірних рядів базових конструкцій та виробів;
- встановлення метрологічних норм, правил, положень і вимог;
- нормативно-технічне забезпечення контролю (випробувань, аналізу вимірів) сертифікації та оцінки якості продукції;
- створення і введення системи класифікації та кодування технічної інформації;
- створення системи каталогізації для забезпечення споживачів інформацією про номенклатуру і основні показники продукції.

Стандарти на продукції, в яких встановлені вимоги, що забезпечують безпеку для навколишнього середовища, життя, здоров'я та майна, використовуються при сертифікації.

Сертифікація – це процедура, через яку третя сторона (особа чи орган, які є незалежними від взаємодіючих сторін) дає письмову гарантію, що продукція відповідає заданим вимогам.

Сертифікація у будівництві здійснюється у відповідності із загальними цілями і задачами сертифікації продукції для захисту споживачів у питаннях безпеки продукції будівництва для життя, здоров'я, майна і навколишнього середовища, які забезпечують надійність і довговічність будівельних конструкцій та інженерних систем будівель і споруд, а також підвищення конкурентної спроможності продукції.

Об'єктами сертифікації у будівництві є [45]:

- **проектна продукція** – проектна документація на нові розробки будівельних конструкцій, будівель, споруд та їх частин;

- **промислова продукція** – будівельні конструкції та вироби;

- **продукція, що імпортується до України**, на яку розповсюджується дія нормативної документації, що затверджена Мінбудом України.

Сертифікація в Україні здійснюється добровільно, за виключенням тих випадків, коли діючим законодавством установлена обов'язкова сертифікація.

Сертифікат відповідності – це документ, який указує про забезпечення необхідної впевненості у тому, що належним чином ідентифікована продукція відповідає конкретному стандарту або іншому нормативному документу.

При проведенні сертифікації здійснюється оцінка відповідності продукції усім вимогам, які встановлені в державних стандартах і технічних умовах на продукцію, виключаючи область її використання (відповідність призначенню), а також наведеним у будівельних нормах і правилах розрахунковим та іншим характеристикам.

1.9. Склад і порядок розроблення проектної документації для будівництва

Будівлі та споруди проектують на підставі завдання, затвердженого замовником, архітектурно-планувального завдання з додержанням чинного законодавства України та нормативних документів [10].

Проектні або проектно-вишукувальні роботи виконуються на підставі договорів, укладених між замовником і проектувальниками. При цьому інженерні вишукування повинні бути виконані до початку розроблення проектної документації.

Для погодження і затвердження об'єкта розробляється проект (П), а для будівництва – робоча документація (РД).

Для будівельних об'єктів класів відповідальності *в* та *І* проектування виконується в три стадії: для будівель цивільного призначення розробляється ескізний проект (ЕП), а потім техніко-економічне обґрунтування інвестицій (ТЕО інвестицій), для промислового призначення лише ТЕО інвестицій, а потім проект (П) і робоча документація (РД).

Для погодження та затвердження технічно нескладних об'єктів може встановлюватися одна суміщена стадія – робочий проект (РП).

Проектом будівлі або споруди називається сукупність технічних документів, які складаються із креслень, розрахунків, макетів, опису прийнятих рішень та інших матеріалів, що дозволяють оцінювати експлуатаційні, архітектурно-художні, технічні та економічні якості будівлі, яку передбачають споруджувати.

Для будівель масового будівництва розробляють **типові проекти**, коли за одним типовим проектом будується велика кількість типових будівель. Для будівель, які не повторюються, та унікальних розробляються **індивідуальні проекти**.

Типові або індивідуальні проекти будівель та споруд виконують у дві стадії. Перша стадія – це *проект (П)*, а друга – це *робочий проект (РП)* або *робочі креслення*, за якими споруда будується безпосередньо. Будівлі, що будують за типовими або індивідуальними проектами, які повторно використовуються, мають одну стадію проектування – *техно-робочий проект*.

У проекті (П) установлюється можливість і доцільність здійснення задуманої будівлі, виявляються її основні функціональні, технічні, архітектурно-художні якості та техніко-економічні показники, у тому числі, загальна собівартість будівлі.

До складу проекту (П) входять:

- плани всіх поверхів будівлі, які дозволяють уявити його композиційне рішення, розміри приміщень, їх розміщення, функціональні зв'язки та конструктивну систему і схему будівлі;

- архітектурні розрізи будівлі у такій кількості, яка дозволяє з'ясувати об'ємно-просторову структуру будівлі та її конструктивну систему. На таких розрізах спрощено зображують елементи наземної частини будівлі без деталізації конструкцій стін, перекриттів, покриттів тощо. На розрізи наносять тільки розміри та висотні позначки, які необхідні для оцінки прийнятого архітектурного рішення та подальшої розробки робочих креслень (рис. 1. 61, а);

- фасади будівлі, які дозволяють уявити зовнішній вигляд будівлі (для будівель із складною об'ємно-просторовою композицією, крім фасадів, розробляють перспективу і макет);

- ситуаційний план району будівництва, який характеризує природні умови, шляхову мережу, найближчу забудову, що межує з майданчиком забудови;

- генеральний план будівельної ділянки із зображенням сторін світу, напрямку переважаючих вітрів, горизонтального рельєфу, розмірів ділянки та будівлі, що проектується, шляхової мережі, зелених насаджень тощо;

- пояснювальна записка, що складається з опису та обґрунтування прийнятих рішень, які враховують: фактори кліматичного районування та геологічні умови розташування ділянки будівництва, вимоги функціональних процесів, які будуть відбуватися в будівлі, опис і обґрунтування об'ємно-просторових, конструктивних і архітектурно-художніх рішень, стислий опис інженерного обладнання будівлі (системи опалення, вентиляції, водо-, газо- та електропостачання, каналізації, телефонізації, радіофікації тощо), характеристики опорядження приміщень будівлі та його фасадів, методів виробництва будівельних, монтажних робіт і техніко-економічні показники.

Робочий проект (РП) складається з пояснювальної записки з техніко-економічними показниками і робочих креслень, кошторисної документації та розділу організації будівництва.

До складу робочого проекту (РП) архітектурно-будівельного розділу входять:

- плани всіх поверхів будівлі, на яких зображені: всі несучі та огорожувальні конструкції, їх розміри та прив'язки до координатних осей за довжиною та шириною будівлі, а також розміри усіх прорізів із маркуванням віконних та дверних заповнень;

- плани фундаментів, перекриттів, покриттів, покрівлі тощо, на яких зображені усі несучі та огорожувальні конструкції, їх розміри з прив'язками до координатних осей, місця спирання на нижче розташовані конструкції, можливі прорізи в конструкціях і монолітні ділянки з розмірами та прив'язками до координатних осей, а також марки та кількість збірних конструкцій;

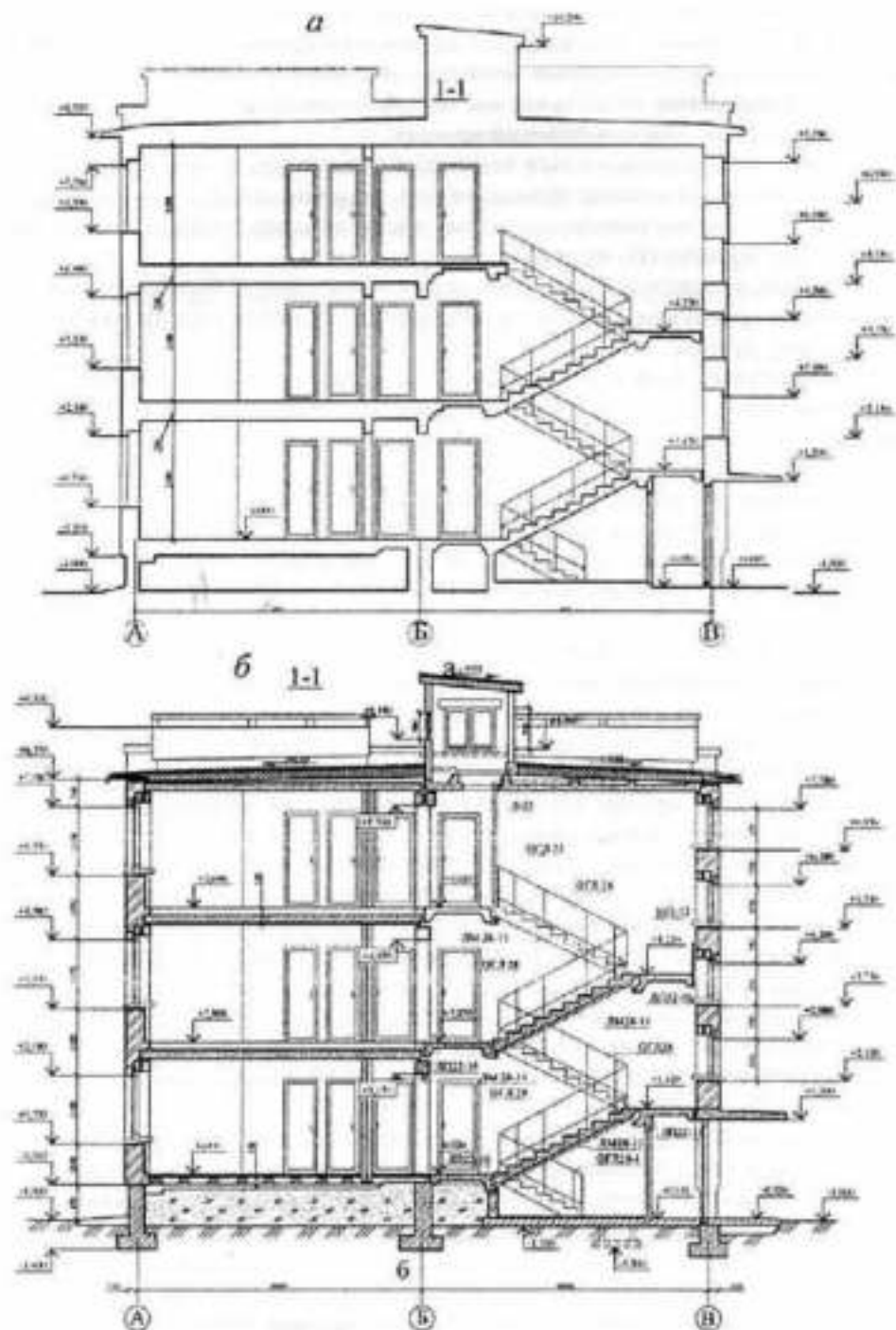


Рис. 1.61. Розрізи триповерхового житлового будинку:
a – архітектурний; *б* – конструктивний

– конструктивні розрізи будівлі у двох взаємно-перпендикулярних напрямках, на яких зображують усі несучі та огорожувальні конструкції з умовними графічними зображеннями їх матеріалів у розрізах, наносять усі необхідні розміри конструктивних елементів із прив'язками до координаційних осей, висотні позначки, прапориці із зображенням складів підлоги першого поверху, міжповерхових перекриттів і покриття (для багатопверхових будівель обов'язковим є розріз по сходовій клітці (рис. 1. 61, б);

– креслення фасадів будівлі із зображенням загального виду та деталей. Для будівель із шпательними і великоблоковими стінами показують: розрізу стін; характерні координаційні осі (крайні, в місцях уступів будівлі у плані та за висотою, біля деформаційних швів); висотні позначки (рівня землі, вхідної площадки, верха стін, низу і верху прорізів, низу залізобетонних плит балконів, лоджій, козирків, карнизів, позначки гребеня даху і верха труб); зовнішні пожежні драбини; вид оздоблення окремих ділянок стін, які відрізняються від інших (домінуючих).

1.9.1. Правила виконання архітектурно-будівельних креслень

Робочі креслення архітектурних рішень і будівельних конструкцій, призначені для виконання будівельних і монтажних робіт, виконують у складі **основних комплектів**, яким надають **марки** (Додаток 1.4) [24].

Умовні графічні зображення будівельних конструкцій та їх елементів наведені у Додатку 1.5 [23].

Графічні зображення матеріалів у розрізах конструкцій, у залежності від виду матеріалу, наведені у Додатку 1.6 [31, 47].

Умовні графічні зображення елементів санітарно-технічних пристроїв наведені у Додатку 1.7 [31, 47].

На архітектурно-будівельних робочих кресленнях (на зображеннях фундаментів, стін, перегородок, перекриттів) указують усі прорізи з необхідними розмірами і прив'язками.

На зображенні кожної будівлі показують координаційні осі з самостійною системою позначень.

Координаційні осі наносять на зображеннях будівель тонкими штрихпунктирними лініями із довгими штрихами, позначають арабськими цифрами і великими літерами українського алфавіту (за винятком літер: Є, З, І, І, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ) у кружечках діаметром 6...12 мм. Якщо для позначення координаційних осей не вистачає літер алфавіту, наступні осі позначають двома літерами, наприклад, АА, ББ, ВВ. Пропуски у цифрових і літерних позначеннях координаційних осей (крім вказаних) не допускаються.

Цифрами позначають координаційні осі з боку будівлі з великою кількістю осей.

Послідовність цифрових і літерних позначень координаційних осей приймають за планом: зліва направо та знизу вгору.

Позначення координаційних осей, як правило, наносять по лівій та нижній сторонах плану будівлі або споруди. При незбіжності координаційних осей проти-

лежних сторін плану позначення вказаних осей у місцях розходження додатково наносять по верхній та (або) правій сторонах будівлі.

Для окремих елементів, які розташовані між координаційними осями основних несучих конструкцій, наносять додаткові осі та позначають їх у вигляді дробу: над рискою вказують позначення попередньої координаційної осі, під рискою – додатковий порядковий номер у межах ділянки між суміжними координаційними осями у відповідності з рисунком 1.55.

Допускається координаційним осям фахверкових колон давати цифрові та літерні позначення у продовження позначень осей основних колон без додаткового номера.

Розмір шрифту для позначення координаційних осей та позицій повинен бути на один-два кеглі більший ніж розмір шрифту, прийнятий для розмірних чисел на тому самому кресленні.

На будівельних кресленнях розміри наносять у міліметрах у вигляді замкнутих ланцюжків. Розмірні лінії на їх перетинах з виносними лініями, лініями контуру або осявими лініями обмежують засічками у вигляді основних ліній завдовжки 2...4 мм, які проводять із нахилом вправо під кутом 45° до розмірної лінії. При цьому розмірні лінії повинні виступати за крайні виносні лінії на 1...3 мм.

Відстань від контуру креслення до першої розмірної лінії рекомендується приймати не менше 10 мм. Але у практиці проектних робіт цю відстань приймають 14...21 мм. Відстань між паралельними розмірними лініями повинна бути однаковою, але не менше 7 мм, а від розмірної лінії до кружечка координаційної осі – 4 мм (рис. 1.59).

Відмітки рівня (висоти, глибини) елементів конструкцій від рівня відліку (умовної «нульової» відмітки) позначають умовним знаком у відповідності з рисунком 1.61, а та вказують у метрах із трьома десятковими знаками, відокремленими від цілого числа комою.

«Нульову» позначку, яку приймають, як правило, для поверхні підлоги першого поверху або якого-небудь елемента конструкцій будівлі або споруди, розташованої поблизу планувальної поверхні землі, вказують без знака, а відмітки вище нульової – зі знаком «+», нижче нульової – зі знаком «-» (рис. 1.62, б).

На видах (фасадах) і розрізах відмітки вказують на виносних лініях, або ліній контуру (рис. 1.62, б), на планах – у прямокутнику (рис. 1.62, в) або на полицках ліній виноснок. При нанесенні на одному кресленні декількох позначок, які розташовані одна під другою, вертикальні лінії виноски знаків відміток розміщують одну під одною.

Номери позицій (марки елементів, вузли) наносять на полицках ліній-виноснок, які проводять від зображення складових частин будівлі. Ліній-виноски, які перетинають контур зображення конструкції, закінчують крапкою. Ліній-виноски, які починаються від контуру конструкції або поверхні, закінчуються стрілкою. Всі інші ліній-виноски закінчують без стрілки і крапки (рис. 1.62, б). Ліній-виноски не повинні перетинатися між собою. Якщо ліній-виноска проходить по заштрихованому полю, вона не повинна бути паралельною лінії штриховки. Не рекомендується також перетинати розмірні лінії та елементи зображення, до яких не відносяться розміщені на полицці ліній-виноски надписи. Надписи, що відносяться безпосеред-

ньо до зображення, можуть мати не більше двох рядків, розташованих над полічиною лінії-виноска і під нею.

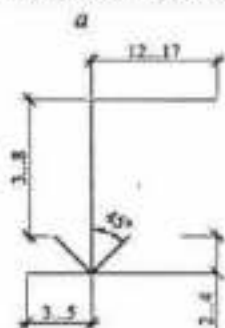
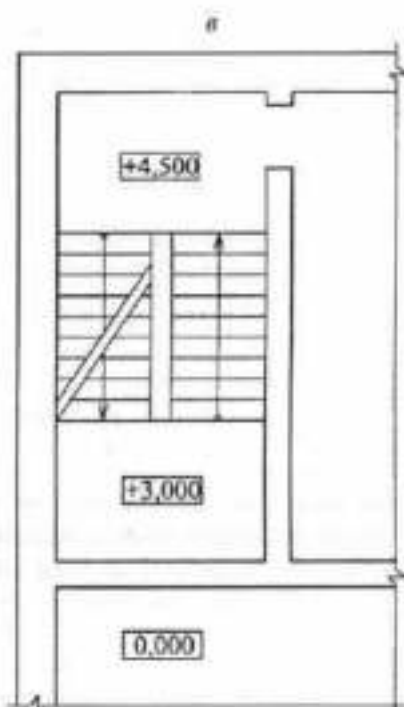
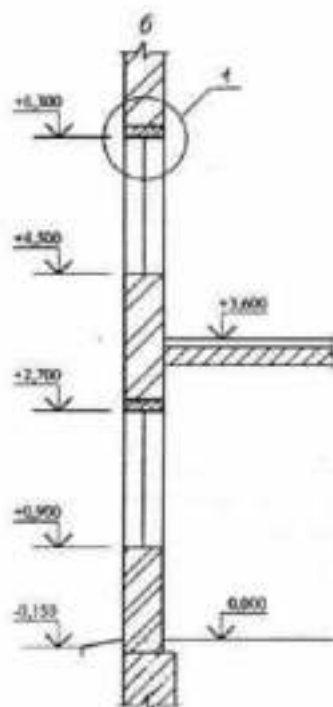


Рис. 1.62. Позначення розмірів, відміток, ухлів, виносних надписів і номерів позицій елементів конструкцій будівель:
а – на плані; б – на розрізі



Виносні надписи до багатшарових конструкцій виконують у вигляді «прапорців». У цьому випадку лінія-виноска зображується прямою лінією із стрілкою, на якій у порядку розташування шарів (зверху до низу або праворуч ліворуч) указують назви будівельних матеріалів та їх розміри у міліметрах.

На будівельних кресленнях деякі розміри наносять без розмірних і виносних ліній, наприклад, похил даху, уклон вимощення, схил місцевості.

Величина похилу даху однієї поверхні будівалі по відношенню до другої – це тангенс кута, який може позначатися: простим або десятковим дробом, або у відсо-

тках, наприклад, 1:20, 0,050 або 5%. При цьому на розрізах перед розмірним числом похили наносять умовний знак із двох ліній, що перетинаються під гострим кутом \angle , при цьому нижня лінія знака уклону повинна бути паралельна лінії контуру або лінії виноски, а гострий кут направлений у бік уклону (рис. 1.64). На планах напрямку уклону площини указують стрілкою, над якою, за необхідності, проставляють величину (рис. 1.65). У текстових документах уклони площини позначають літерою i , наприклад, $i = 1:12$ або $i = 0,083$ або $i = 8,33\%$.

Плани поверхів

При виконанні плану поверху положення умовної січної площини приймають на рівні віконних прорізів або на $1/3$ висоті поверху, що зображується.

На плани поверхів наносять:

- координаційні осі будівлі;
- розміри, які визначають відстані між координаційними осями та прорізами, товщини стін і перегородок, інші необхідні розміри, відмітки ділянок, розташованих на різних рівнях;

- лінії розрізів, які наносять з таким розрахунком, щоб у нього потрапили прорізи вікон, зовнішніх воріт і дверей, сходів;

- позиції (марки) елементів будівлі, заповнення прорізів вікон, дверей, воріт, перемичок, сходів тощо;

- позначення вузлів і фрагментів планів;

- найменування приміщень або технологічних ділянок, їх площі, категорії вибухопожежної та пожежної безпеки (крім житлових будинків).

Площі проставляють у нижньому правому кутку приміщення або технологічної ділянки і підкреслюють. Категорії приміщень з вибухопожежної та пожежної безпеки проставляють під їх найменуванням у прямокутнику.

Для житлових будинків на планах указують: тип квартир (кількість кімнат), у чисельнику простого дробу – житлову площу, а у знаменнику – загальну площу квартир.

Допускається найменування приміщень, їх площі та категорії наводити у вигляді експлікації, яку розміщують на листі креслень або у пояснювальній записці. У цих випадках на планах замість найменувань приміщень проставляють їх номери.

Площадки, антресолі та інші конструкції, що розташовані вище січної площини, наприклад, мостові крани, зображують схематично штрих-пунктирною тонкою лінією з двома крапками.

Якщо плани поверхів багатоповерхової будівлі мають невеликі відмінності один від одного, то повністю виконують план одного з поверхів, а для інших поверхів виконують тільки ті частини плану, які необхідні для показу відмінності від плану, зображеного повністю.

У назвах планів поверхів будівлі указують позначку (відмітку) чистої підлоги або номер поверху, або позначення відповідної січної площини. Приклади: **План на відм. 0,000**; **План 2 – 8 поверхів**; **План 2 – 2**. При викреслюванні частини плану в назві указують осі, що обмежують цю частину плану, наприклад: **План на відм. +3,000 між осями 1 – 8 і А – Д**.

До планів поверхів додають: відомість перемичок; специфікації заповнення елементів віконних і дверних прорізів, щитових перегородок, які замарковані на планах, розрізах і фасадах.

Приклад виконання робочих креслень архітектурних рішень плану другого поверху житлового будинку наведено на рис. 1.63.

План на позначці 0.000; +3.000

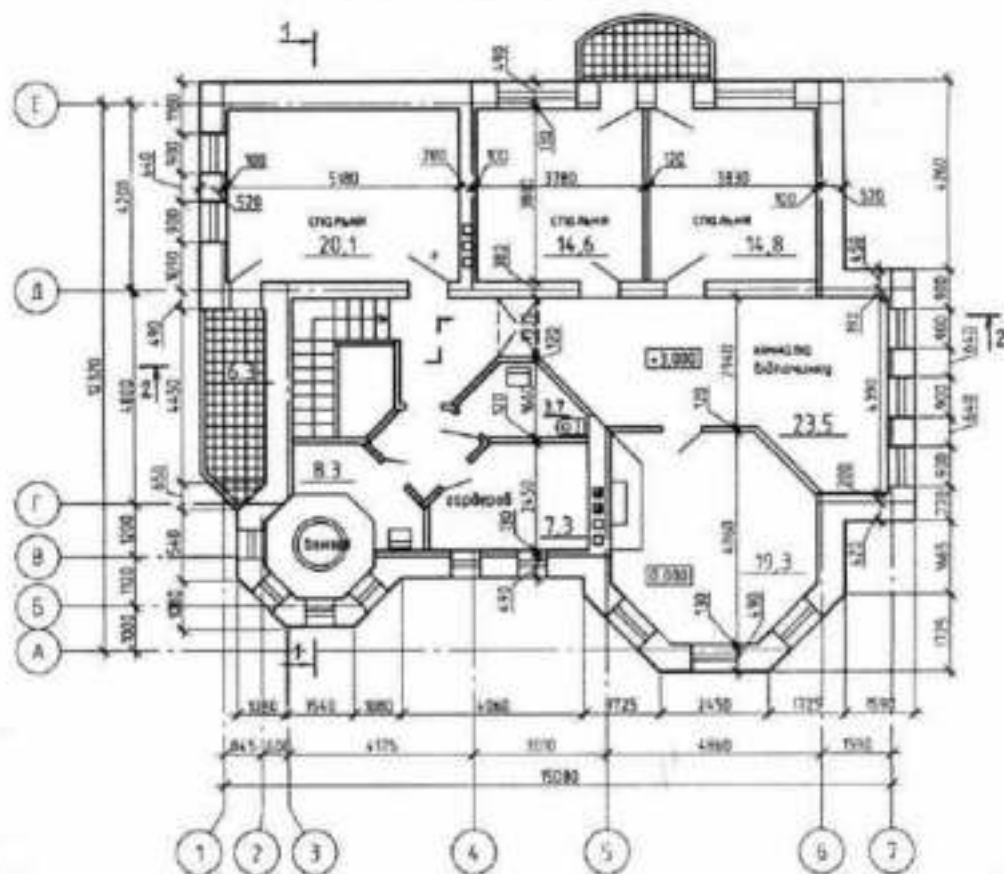


Рис. 1.63. Приклад виконання робочого креслення плану другого поверху житлового будинку

Розрізи і фасади

Розрізи будівель виконують вертикальною січною площиною, перпендикулярною до поздовжніх або поперечних капітальних стін. Положення січних площин для побудови розрізів призначають у процесі проектування з таким розрахунком, щоб при мінімальній кількості розрізів найбільш повно виявити об'ємно-планувальне і конструктивне вирішення будівлі, висотні розміри, а також, щоб на розрізах були зображені: прорізи вікон, зовнішніх дверей і воріт, сходові клітки (січна площина повинна пройти по найближчому до спостерігача сходовому маршу), шахти ліфтів, балкони, лоджії тощо. Січні площини не проводять по колонам, кроквинам, уздовж ригелів, балок, стін, перегородок, які умовно не розрізаються. Незалежно від положення січної площини поздовжній розріз будівлі у межах горища зображують завжди по гребеню покриття.

Лінії контурів елементів конструкцій у розрізі зображують суцільною товстою основною лінією, а видимі лінії контурів, які не потрапляють у площину розрізу, – суцільною тонкою лінією.

Розрізи будівлі або споруди позначають арабськими цифрами послідовно у межах основного комплексу робочих креслень.

Направлення погляду для розрізу за планом будівлі або споруди приймають, як правило, знизу вгору та справа наліво.

У назвах фасадів будівлі вказують крайні осі, між якими розташоване зображення фасаду. Приклад: **Фасад 1 – 15**.

На розрізі і фасади наносять:

- координаційні осі будівлі, що проходять у характерних місцях розрізу і фасаду (крайні, біля деформаційних швів, несучих конструкцій, у місцях перепаду висот тощо) із розмірами, що визначають відстань між ними (тільки на розрізах) і загальну відстань між крайніми осями;

- відмітки, що характеризують розташування елементів несучих і огорожувальних конструкцій за висотою;

- розміри та прив'язки за висотою усіх прорізів у стінах і перегородках, які зображені у розрізах;

- позиції (марки) елементів будівлі, які не вказані на планах;

- типи заповнення віконних прорізів, матеріали окремих ділянок стін, які відрізняються від основних матеріалів на фасадах;

- позначення вузлів і фрагментів розрізів та фасадів.

Приклад виконання робочих креслень розрізу нежитлової будівлі каркасної конструктивної системи наведено на рис. 1. 64.

Приклад креслення фасаду адміністративної будівлі промислового підприємства наведений на рис. 1. 65, а.

На **план покрівлі** наносять:

- координаційні осі: крайні, біля деформаційних швів, по краях ділянок покрівлі з різними конструктивними та іншими особливостями із розмірними прив'язками таких ділянок;

- позначення похилів покрівлі;

- відмітки або схематичний поперечний профіль покрівлі;

- позиції (марки) елементів і пристроїв покрівлі.

На плані покрівлі вказують деформаційні шви двома тонкими лініями, парапетні плити, елементи огороження, лійки, дефлектори, вентиляційні шахти, пожежні драбини та інші елементи і пристрої, які вказувати і маркувати на інших кресленнях недоцільно.

Приклад креслення плану покрівлі наведений на рис. 1.65, б.

Схеми розташування елементів збірних перегородок (рис. 1.65, в), заповнення віконних і дверних прорізів виконують із урахуванням вимог до робочих креслень будівельних конструкцій. Допускається схему розташування елементів збірних перегородок і прорізів суміщати з планами поверхів.

Якщо окремі частини фасаду, плану, розрізу потребують більш детального зображення, тоді додатково виконують внісні елементи – *вузли і фрагменти*.

Розріз 3-3

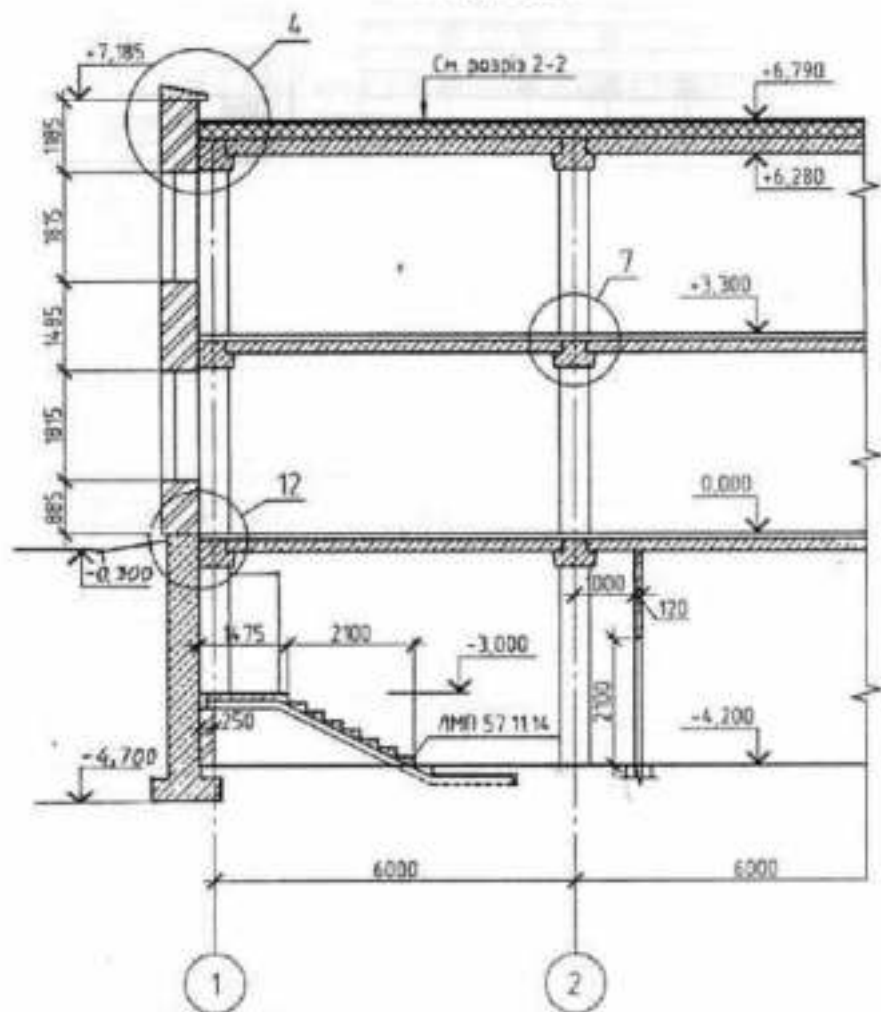


Рис. 1.64. Приклад виконання робочого креслення розрізу нежитлової будівлі каркасної конструктивної системи

При зображенні вузла відповідне місце відмічають на фасаді, плані або розрізі замкнутою суцільною лінією, як правило, колом або овалом, із позначенням на полиці лінії-віноски порядкового номера вузла арабською цифрою (рис. 1.62, б).

Фрагменти планів, розрізів, фасадів, як правило, відмічають фігурною дужкою. Під фігурною дужкою, а також над відповідним фрагментом наносять найменування і порядковий номер фрагмента.

Фасад 1-10

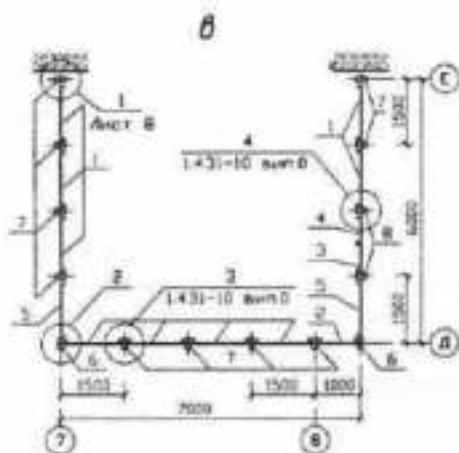
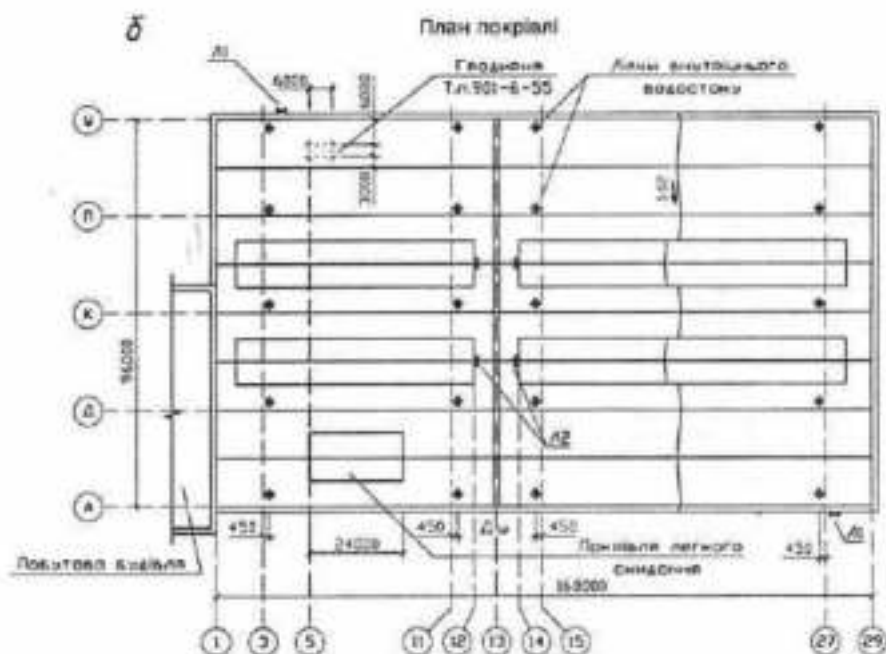


Рис. 1.65. Приклади виконання робочих креслень архітектурних рішень:

a – фасаду адміністративної будівлі промислового підприємства, *б* – плану покрівлі одноповерхової промислової будівлі; *в* – схеми розташування елементів збірних перегородок

Зображення до осі симетрії симетричних планів і фасадів будівель та споруд, схем розташування елементів конструкцій, планів розміщення технологічного обладнання не допускається.

Якщо зображення, наприклад, план, не поміщається на аркуші прийнятого формату, тоді його ділять на кілька ділянок, які розміщують на окремих аркушах. У цьому випадку на кожному аркуші, де показано ділянку зображення, наводять схему цілого зображення з необхідними координатними осями та умовним позначенням (штриховкою) ділянки зображення.

1.10. Техніко-економічна оцінка проектних рішень будівель

Техніко-економічна оцінка проектних рішень будівель базується на чотирьох складових: об'ємно-планувальних рішеннях, конструктивних рішеннях і матеріалах конструкцій, експлуатаційних витратах.

Основними критеріями економічної оцінки об'ємно-планувального та конструктивного рішення будівлі є: його будівельна (кошторисна) вартість, вартість експлуатації та комфортність проживання або перебування.

Кошторисна вартість – це одноразові витрати на зведення будівлі. Вони включають в себе вартість будівельних матеріалів і конструкцій, вартість їх монтажу і транспортування, заробітну платню будівельників, накладні витрати та інші витрати.

Вартість *експлуатації будівлі*, у першу чергу, залежить від об'ємно-планувальних рішень, довговічності конструкцій та матеріалів, які використовувались, та якості виконання будівельних робіт. Для забезпечення економії витрат на опалення та кондиціонування приміщень будівель необхідно: проектувати оптимальні об'єми приміщень із розумною площею застелених поверхонь та забезпечувати необхідний опір теплопередачі усіх огорожувальних конструкцій.

За *техніко-економічною оцінкою* планувальних і конструктивних рішень часто використовують порівняння декількох варіантів проектних рішень.

Основні техніко-економічні показники проектного рішення будівлі входять до обов'язкового складу пояснювальної записки. Їх склад залежить від функціонального призначення будівлі.

Склад основних даних і техніко-економічних показників для *житлових будинків*:

- найменування будинку та його місце розташування;
- характер будівництва (нове будівництво або реконструкція);
- загальна базисна кошторисна вартість будівництва, в тому числі, кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт;
- будівельний об'єм, у тому числі, підземної та наземної частини;
- площа забудови;
- кількість квартир та їх склад;

- житлова площа квартир по будинку в цілому;
- загальна площа квартир по будинку в цілому;
- коефіцієнт відношення житлової площі квартир будинку до загальної (K1);
- базисна кошторисна вартість 1 м² житлової площі та загальної площі квартир;
- витрати тепла на опалення 1 м² загальної площі;
- показники для збудованих і прибудованих приміщень, якщо такі є у проєкті.

Склад основних даних і техніко-економічних показників для *грамадських будівель*:

- найменування будівлі та її місце розташування;
- характер будівництва (нове будівництво або реконструкція);
- загальна базисна кошторисна вартість будівництва, в тому числі, кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт;
- техніко-економічні показники будівлі: площа ділянки, площа забудови, потужність, місткість, пропускна спроможність, вартість одиниці виміру, будівельний об'єм (у тому числі, підземний), загальна площа, нормована площа, корисна площа, загальна кількість працюючих.

Склад основних даних і техніко-економічних показників для *промислових будівель*:

- найменування підприємства, будівлі або споруди та його місце розташування;
- характер будівництва (нове будівництво, розширення, реконструкція, технічне переоснащення);
- потужність об'єкта (річний випуск основної номенклатури продукції, місткість, пропускна спроможність, обсяг послуг, які надаються тощо): у природному відбитті (у відповідних одиницях), у вартісному відбитті;
- кількість робочих місць на виробництві;
- загальна кількість працюючих;
- продуктивність праці за рік (у вартісному відношенні);
- собівартість основних видів продукції або надання послуг;
- загальна розрахункова кошторисна вартість будівництва підприємства (будівлі, споруди) та інших об'єктів, у тому числі, базисна кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт і обладнання по цих об'єктах;
- витрати на охорону навколишнього природного середовища;
- термін окупності капітальних вкладень;
- вартість основних фондів підприємства (будівлі, споруди);
- вартість основних фондів, які вибувають у процесі будівництва (за балансовою вартістю);
- пайова участь у будівництві спільних з іншими інвесторами об'єктів;
- тривалість будівництва;
- трудомісткість будівництва (у людино-днях);

- річна потреба підприємства: сировина та матеріали, енергоресурси (електроенергія в млн. кВт/годину, теплоенергія в млн.Гкал, вугілля в тис.т, нафтопродукти в тис.т тощо), вода в тис.м³, транспорт зовнішній;
- витрати основних будівельних матеріалів (метал, цемент, лісоматеріали у встановлених вимірах);
- інші показники: прибуток, рентабельність, матеріаломісткість, енергомісткість, площа території.

В дисципліні «Архітектура будівель і споруд» у подальшому будуть розглядатися питання проектування раціональних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель, які є одним із основних компонентів економічної ефективності капітальних вкладень у будівництво.

Загальні принципи техніко-економічної оцінки проектних рішень будівель будуть розглядатися у такій спеціальній дисципліні як «Економіка будівництва».

Анотація та висновки до викладеної інформації у розділі I

1. Із метою зіставлення національних статистичних даних щодо продукції будівництва з даними Статистичної комісії Європейського Союзу та ООН в Україні розроблений «*Державний класифікатор будівель та споруд*» ДК 018-2000 чинний з 01.01.2001 р., за яким всі споруди поділяють на будівлі та інженерні споруди, а будівлі – на житлові будинки та нежитлові будівлі.

2. Складовими частинами будівель та інженерних споруд є: об'ємно-планувальні елементи, будівельні конструкції, що складаються із конструктивних і архітектурно-конструктивних елементів та будівельних виробів.

3. Основними вимогами до будівель та їх елементів є: функціональна доцільність, конструктивна надійність, пожежна безпека, архітектурно-художня виразність, економічність будівництва та експлуатації, збереження енергії, екологічні та санітарно-гігієнічні.

4. Основою для визначення навантажень і впливів на будівлі є архітектурно-конструктивний проект, у якому розроблені об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, а також визначені будівельні матеріали і розміри конструктивних елементів.

5. Конструкції та їх елементи при сприйнятті навантажень деформуються.

6. Будівельні конструкції та ґрунтові основи розраховують за методом граничних станів, основні положення якого направлені на забезпечення їх безвідмовної роботи із урахуванням змінності властивостей матеріалів, ґрунтів, навантажень і впливів, геометричних характеристик конструкцій, умов роботи, а також класу відповідальності будівлі.

7. Для запобігання небажаних деформацій, розривів та інших можливих руйнувань будівлі з великими розмірами розділяють деформаційними швами за довжиною та шириною на деформаційні блоки.

8. Основною задачею проектування будівель є вибір узгодженої із замовником конструктивної та будівельної системи.

9. Конструктивна система будівлі – це взаємозв'язана сукупність вертикальних і горизонтальних конструкцій, що сприймають усі навантаження та впливи на них і забезпечують міцність, просторову жорсткість та стійкість будівлі. У відповідності з використанням вертикальних несучих конструкцій, розрізняють п'ять основних конструктивних систем будівель – стінову, каркасну, об'ємно-блокову, стовбурну та оболонкову.

10. Будівельна система – це комплексна характеристика конструктивного рішення будівлі за матеріалом і технологією зведення основних несучих та огорожувальних конструкцій у поєднанні з вибраною конструктивною системою.

11. Нормативно-технічними основами уніфікованого архітектурно-будівельного проектування є модульна координація розмірів у будівництві.

12. Модульна система координації розмірів у будівництві – це сукупність правил взаємного узгодження розмірів будівель і споруд, а також розмірів і розташування їх будівельних конструкцій та елементів, виробів і елементів обладнання на основі кратності цих розмірів установленій одиниці – модулю.

13. Розташування і взаємозв'язок будівельних конструкцій та елементів будівель координують на основі модульної просторової координаційної системи шляхом їх прив'язки до координаційних осей.

14. Основою масового житлового та нежитлового будівництва є типове проектування, представлене системою серійної розробки архітектурно-конструктивних проектів на основі типізації будівель, їх фрагментів або окремих елементів із метою багатократного повторення в будівництві.

15. Нормативно-технічними та організаційно-методичними основами архітектурного конструювання є стандартизація, уніфікація та сертифікація.

16. Проектом будівлі або споруди називається сукупність технічних документів, які складаються із креслень, розрахунків, макетів, опису прийнятих рішень та інших матеріалів, що дозволяють оцінювати експлуатаційні, архітектурно-художні, технічні та економічні якості будівлі.

17. Техніко-економічна оцінка проектних рішень будівель базується на чотирьох складових: об'ємно-планувальних рішеннях, конструктивних рішеннях, матеріалах конструкцій та експлуатаційних витратах.

18. Основними критеріями економічної оцінки об'ємно-планувального та конструктивного рішення будівлі є: його будівельна (кошторисна) вартість, вартість експлуатації та комфортність проживання або перебування людей.

2

ОСНОВИ БУДІВЕЛЬНОЇ ФІЗИКИ

Архітектурна фізика вивчає теоретичні основи і практичні методи формування архітектури будівель під впливом сонячного та штучного світла, кольору, тепла, руху повітря і звуку, а також природу їх сприйняття людиною з оцінкою соціологічних, гігієнічних і економічних факторів.

Архітектурно-будівельна фізика – це галузь прикладної фізики, яка вивчає фізичні процеси в будівельних матеріалах, конструкціях, будівлях, їх приміщеннях і на сільбищних територіях, які виникають під впливом перепадів температури, сонячної радіації, руху та вологості повітря, атмосферних опадів, розробляє методи розрахунків цих процесів для надання необхідних фізичних якостей конструкціям будівель та пропонує прийняття обґрунтованих об'ємно-планувальних і містобудівельних рішень.

Будівельна фізика включає наступні основні розділи: *архітектурно-будівельну кліматологію, будівельну теплофізику, будівельну світлотехніку, архітектурно-будівельну акустику, довговічність огорожувальних конструкцій.*

Основними задачами архітектурно-будівельної фізики є:

– обґрунтування доцільних проектних рішень планування населених пунктів, типів будівель і огорожувальних конструкцій, які враховують особливості клімату;

– дослідження умов створення оптимального світлового режиму в приміщеннях, які відповідають їх функціональному призначенню, та розробка відповідних архітектурних і конструктивних рішень будівель;

– забезпечення сприятливих умов видимості та зорового сприйняття об'єктів спостереження залежно від призначення приміщень будівель;

– обґрунтування найбільш доцільних об'ємно-планувальних рішень будівель та їх огорожувальних конструкцій, які задовольняють вимогам забезпечення в приміщеннях сприятливого мікроклімату для діяльності та відпочинку людини;

– дослідження умов, які визначають чутність розмов або музики в приміщеннях, розробка архітектурно-планувальних і конструктивних рішень для забезпечення оптимальних умов слухового сприйняття;

– забезпечення надійних засобів звукоізоляції приміщень будівель.

Для рішення поставлених задач будівельна фізика використовує: математичні розрахунки (формули), графічні та аналітичні методи, основані на використанні загальних фізичних закономірностей; моделі, на яких відтворюються процеси, що до-

сліджуються у відповідності з принципами використання аналогій; лабораторні дослідження будівельних матеріалів і конструкцій; натурні випробування на об'єктах.

Будівельна фізика є основою для раціонального проектування будівель, споруд та їх комплексів, створення комфортних умов життєдіяльності людини, дозволяє забезпечити виконання необхідних технічних умов протягом заданого терміну служби.

2.1. Архітектурно-будівельна кліматологія

Архітектурно-будівельна кліматологія – це наука, яка розкриває зв'язки між архітектурою будівель і містобудівельних утворень із кліматом, його формуванням і географічним розподілом. Вона дає можливість архітекторам правильно оцінити та використати кліматичні впливи при проектуванні будівель для створення сприятливого мікроклімату в приміщеннях і захисту людей від негативних впливів.

Засобами регулювання клімату в архітектурі будівель є: планування житлових утворень, їх орієнтація за сторонами горизонту, організація провітрювання приміщень або їх захист від вітру, використання простору різного ступеня відкритості, влаштування вхідних тамбурів, раціональне використання матеріалів зовнішніх огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання, посадка зелених насаджень (дерев, кущів, квітів), обводнення території тощо.

Основною задачею архітектурної кліматології є *обґрунтування доцільних проектних рішень планування населених міст, типів будівель та їх огорожувальних конструкцій, які враховують особливості клімату*. Для рішення цієї задачі необхідно мати дані про вплив клімату на архітектурні та конструктивні рішення будівель.

2.1.1. Кліматичні фактори та їх вплив на конструкції будівель, об'ємно-планувальні рішення і містобудівельні утворення

Клімат – це багаторічний режим погоди, який спостерігається в даній місцевості.

Клімат визначається географічною широтою, висотою над рівнем моря, сукупністю числових характеристик фізичного стану атмосфери, її температурою (сезонною активністю), вологістю, вітрами і опадами. Під впливом клімату формуються ґрунтовий покрив і рослинність. Клімат суттєво впливає на тваринний світ, на життя людини та її господарську діяльність.

Сукупність кліматичних умов невеликих за територією районів характеризує мікроклімат місцевості.

Мікроклімат – це клімат відносно невеликих ділянок земної поверхні, який відрізняється від клімату навколишньої території або від загальних кліматичних характеристик даної місцевості.

До основних метеорологічних показників мікроклімату відносяться: температура, вологість, середня температура повітря, рівень радіації, швидкість руху повітря, рівень освітленості та розподіл світла протягом року. На мікроклімат суттєво

впливають рельєф місцевості, долинний чи нагірний характер території, орієнтація схилів гір на північ або південь, особливості ґрунтового та рослинного покриву, характер забудови міст, ступінь забруднення повітря тощо. Внаслідок цього мікроклімат міської території розглядається як результат взаємодії природних і архітектурно-планувальних рішень, таких як обводнення, озеленення, покриття поверхні асфальтом, щільність забудови тощо [46].

Найбільш важливими для архітектурної діяльності є кліматичні фактори у вигляді *сонячної радіації, температури і вологості повітря та вітру*.

Сонячна радіація (пряма, розсіяна, відбита) – надходить на різних широтах, на горизонтальні, вертикальні та розмішені під кутом поверхні різної орієнтації, при безхмарному, хмарному або частково покритому хмарами небосхилі, за різні терміни.

Головним джерелом природної енергії є Сонце. Радіус Сонця 696000 км, що у 110 разів більша за Землю. Відстань між Землею та Сонцем дорівнює 149,6 млн. км. Щороку Земля отримує близько $6 \cdot 10^{17}$ кВт·год променевої енергії, що у 20 тисяч разів перевищує потреби людства в енергії [50]. Ця енергія передається у формі ультрафіолетової радіації (короткі хвилі), інфрачервоної радіації (довгі хвилі) і видимого світла. Активність сонячного випромінювання має циклічний характер залежно від змін, що відбуваються на Сонці. Переміщення Землі навколо Сонця разом із зміною нахилу осі обертання приводить до нерівномірного розподілу світла і тепла в різних районах земної кулі протягом року.

Кількість сонячної енергії, що отримує Земля від радіації, визначається висотою стояння Сонця протягом дня і кутом падіння променів, географічною широтою, тривалістю опромінювання, висотою над рівнем моря і атмосферними умовами. Із збільшенням висоти над рівнем моря інтенсивність радіації зростає у середньому на 10% на кожні 300 м.

Потоки сонячної радіації, що доходить безпосередньо до землі, частково витрачаються на випаровування вологи, утворення конвективних теплових потоків, передавання теплоти теплопровідністю, частково розсіюються в атмосфері та частково нею поглинаються (рис. 2.1). Значна частина сонячних потоків відбивається від хмар і атмосфери у космічний простір і лише 40...60% загального потоку досягає поверхні землі. У хмарні дні до поверхні землі доходять тільки розсіяні промені від захмареного неба.

Сонячне випромінювання служить основним джерелом енергії для усіх процесів, що проходять у біосфері Землі. Сонячне випромінювання, з довжиною хвилі від 289 нм до 360 мкм, подолавши атмосферу, досягає поверхні землі, а довгохвильове (понад 360 мкм) випромінювання майже повністю поглинається атмосферою і не досягає земної поверхні. До сонячного спектра входять ультрафіолетове (УФ), видиме та інфрачервоне випромінювання (ІФ), кожне з яких мають свої властивості та по-різному впливають на життєві процеси на землі. Тепловий баланс Землі зберігається переважно за рахунок енергії інфрачервоного випромінювання, на частку якого в сонячному спектрі припадає: для Сонця у зеніті – 46% видиме світло, 50% ІФ і 4% УФ; для Сонця біля обрію – 28% видиме світло, 72% ІФ і 0% УФ.

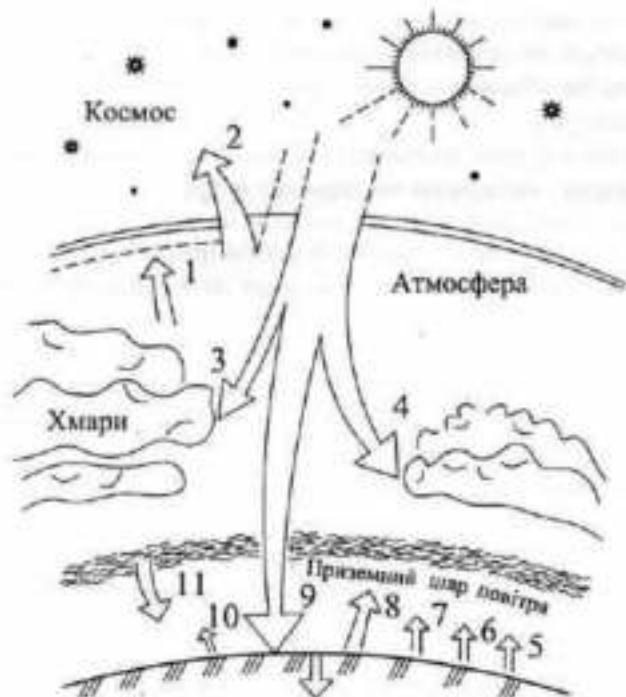


Рис. 2.1. Сонячна радіація:
 1 – радіація, відбита хмарами у космічний простір; 2 – радіація, відбита атмосферою; 3 – радіація, розсіяна атмосферою; 4 – радіація, поглинута атмосферою; 5 – передавання теплоти теплопровідністю; 6 – енергія на конвективні потоки; 7 – витрати на випаровування вологи; 8 – відбита від Землі довгохвильова радіація; 9 – сонячна пряма радіація; 10 – радіація, відбита від Землі; 11 – радіація, розсіяна захмареним небом

Тепловий режим міського середовища складається із прямого сонячного опромінення і похідної від неї розсіяної, відбитої радіації, температури повітря та аерації.

Нагрівання атмосфери відбувається за рахунок безпосереднього поглинання сонячного випромінювання та за рахунок поглинання тепла від нагрітої земної поверхні. При нагрівання нижніх шарів повітря його густина зменшується і шари повітря піднімаються вгору. При цьому виникають вертикальні конвекційні токи, які переносять тепло у верхні шари атмосфери.

Температурний режим знаходиться у тісному взаємозв'язку з балансом радіації. Незалежно від добових і річних коливань, середня температура повітря в містах завжди вища, ніж у сільській місцевості. Відомо, що граніт поглинає значно більше тепла, ніж торф і листя дерев, а кам'яні стіни будівель, дорожні покриття накопичують у собі значно більше тепла, ніж газони. Другою причиною більш високої температури в містах, порівняно із сільською місцевістю, є димовий купол над містом, який сприяє акумуляції у міському середовищі більшої кількості тепла.

Температурні фактори – це температура повітря (середня за місяцями, абсолютна мінімальна і максимальна, середня максимальна найтеплішого місяця, середня найхолоднішого періоду тощо); період із середньою добовою температурою менше 8...10°C; середня та максимальна амплітуди температур за місяцями (°C).

Повітря нижніх шарів атмосфери завжди містить деяку кількість водяних парів, які потрапляють сюди шляхом випаровування із земної поверхні. Швидкість випаровування залежить від температури та вітру. Повітря може сприймати випаровування до визначеної межі, після якої подальше випаровування перенасичує повітря вологою. Якщо насичене повітря нагріти, воно знову здатне сприймати водні пари, а якщо охолодити – насиченість переходить у перенасиченість і відбувається конденсація, тобто згущення водяних парів. Наприклад, при температурі $+10^{\circ}\text{C}$ максимальна кількість водяних парів у повітрі $9,14 \text{ г/м}^3$, а при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ – відповідно $17,36 \text{ г/м}^3$.

Температура повітря, при якій водяна пара, що міститься у повітрі, досягає стану максимального насичення та конденсується на поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій у вигляді рідини називається *точкою роси*.

Кількість водяних парів, які знаходяться у даний момент в повітрі, називають абсолютною вологістю. Важливим фактором, який впливає на абсолютну вологість, є температура. Це означає, що разом із річними, місячними і добовими коливаннями температури, змінюються і абсолютна вологість, яка зменшується із висотою місцевості.

Відношення кількості водяних парів, яке утримується у повітрі, до тієї кількості, що повинна утримуватися при його насиченні, називають відносною вологістю та виражається у відсотках.

Фактори вологості, які визначаються відносною (%) або абсолютною вологістю повітря за місяцями (г/м^3), пружністю водяної пари за місяцями (ГПа), опадів рідких, твердих, змішаних та їх кількістю за рік, місяць добу (мм).

Дош – це рідкі атмосферні опади, які випадають із хмар, у вигляді крапель води з діаметром $7...0,5 \text{ мм}$. При меншому розмірі крапель опади називають мрякою.

Сніг – це тверді атмосферні опади, що складаються з льодяних кристалів різної форми сніжинок у вигляді шестикутних пластинок або шестипроменевих зірочок, які випадають із хмар при температурі повітря нижче 0°C .

Ожеледиця – шар щільного льоду, утворений на поверхні землі та на предметах при намерзанні переохолоджених крапель дощу або мряки при температурі повітря нижче 0°C .

Вологісний стан огорожувальних конструкцій впливає на їх теплозахисні властивості, тому що теплопровідність зволожений матеріалів більша. Від вологомосткості матеріалу залежить довговічність конструкцій. Термін служби зволожений конструкцій зменшується від впливу морозу, корозії, біологічних процесів. Підвищена вологомосткість конструкцій у перший період її експлуатації може бути викликана присутністю технологічної вологи, наприклад, розчином при кладці цегляних стін, а у подальшому – зрошенням вологи внутрішнього повітря приміщень або атмосферними опадами. Збільшення вологомосткості огорожувальної конструкції може сприяти ще більш інтенсивному її зволоженню у результаті активізації конденсаційних і дифузійних процесів.

Вітер – це горизонтальний рух повітря відносно земної поверхні під впливом нерівномірного розподілу атмосферного тиску, яке направлене від високого тиску до низького, що характеризується швидкістю, направленістю і величиною, та є одним із головних параметрів клімату, який враховується при проектуванні генпланів населених

міст і при розрахунках міцності будівель та їх конструкцій. Вплив вітру вимірюється у вигляді повторюваності напрямів вітру (%), повторюваності штилів, середньої, максимальної та мінімальної швидкостей за напрямками (м/с) тощо.

Напрямок вітру визначають тією стороною горизонту, звідки дме вітер. Для позначення цих сторін горизонт ділять на румби, але за основні приймають напрями *N* або Пн (норд або північ), *S* або Пд (зюйд або південь), *O* або Сх (ост або схід) і *W* або З (вест або захід).

Румб – це напрямок від спостерігача до точки видимого горизонту відносно сторін світу або кут між двома такими напрямками. У метеорології міра кута окружності горизонту розділена на 16 румбів.

Для більшої простоти позначення швидкості вітру використовують шкалу Бофорта, в якій швидкість оцінюють у балах (табл. 2. 1) [46].

Таблиця 2.1

Характеристика сили і швидкості вітру

| Бал | Характеристика по Бофорта | Швидкість, м/сек | Дія вітру на суші |
|-----|---------------------------|------------------|--|
| 0 | Штиль | 0...0,2 | Дим піднімається вертикально вгору |
| 2 | Легкий бриз | 1,6...3,3 | Шелест листя, відчуття обличчям |
| 4 | Помірний бриз | 5,5...7,9 | Піднімається пилюка, рух гілок дерев |
| 5 | Свіжий бриз | 8,0...10,7 | Колівання дрібних дерев |
| 6 | Сильний вітер | 10,8...13,8 | Гудуть проводи |
| 8 | Штормовий вітер | 17,2...20,7 | Ламаються гілки, утруднений пішоходний рух |
| 9 | Шторм | 20,8...24,4 | Деякі пошкодження дахів |
| 10 | Тяжкий шторм | 24,5...28,4 | Вириваються дерева з корінням |
| 12 | Ураган | більше 32,7 | Тяжкі спустошення |

Швидкість вітру більше 4 м/с є несприятливою для пішоходів при будь-якій температурі. При швидкості вітру більше 6 м/с починається перенос снігу та піску, а при швидкості більше 12 м/с – виникають механічні пошкодження елементів будівель. Взимку середньомісячна швидкість вітру більше 5 м/с викликає суттєве переохолодження приміщень будівель, а тому бажано захищати людей і будівлі від вітру.

Переважаючий напрямок вітрів за той чи інший період часу визначають наступним чином. Проводять через центр кола 8 або 16 головних напрямів або румбів і на кожному з них відкладають у прийнятому масштабі від центру відрізки, що пропорційні відсоткам повторюваності вітрів за цими напрямками, маючи на увазі, що вітер дме від окружності до центру. Кінці векторів з'єднують прямими лініями. Сума векторів за всіма напрямками повинна дорівнювати 100%. Зображений таким чином графік називають *розюю вітрів*.

Для повної вітрової характеристики місцевості необхідно враховувати два параметри: повторюваність вітру і його швидкість. При побудові рози вітрів за швидкістю вітру за кожним напрямом відкладають значення середньої швидкості вітру.

Роза вітрів – це графічне зображення за напрямками повторюваності або швидкості вітрів. Рози вітрів можуть бути річні, для зимового або літнього періоду, місячні тощо.

Для більш повного вивчення місцевості рози вітрів за напрямками повторюваності та швидкості складають окремо для кожного сезону року з наступним урахуванням найбільш характерних особливостей у різні періоди. На рис. 2.2 зображені рози вітрів для м. Донецька за напрямками повторюваності та швидкості вітру за січень і за липень.

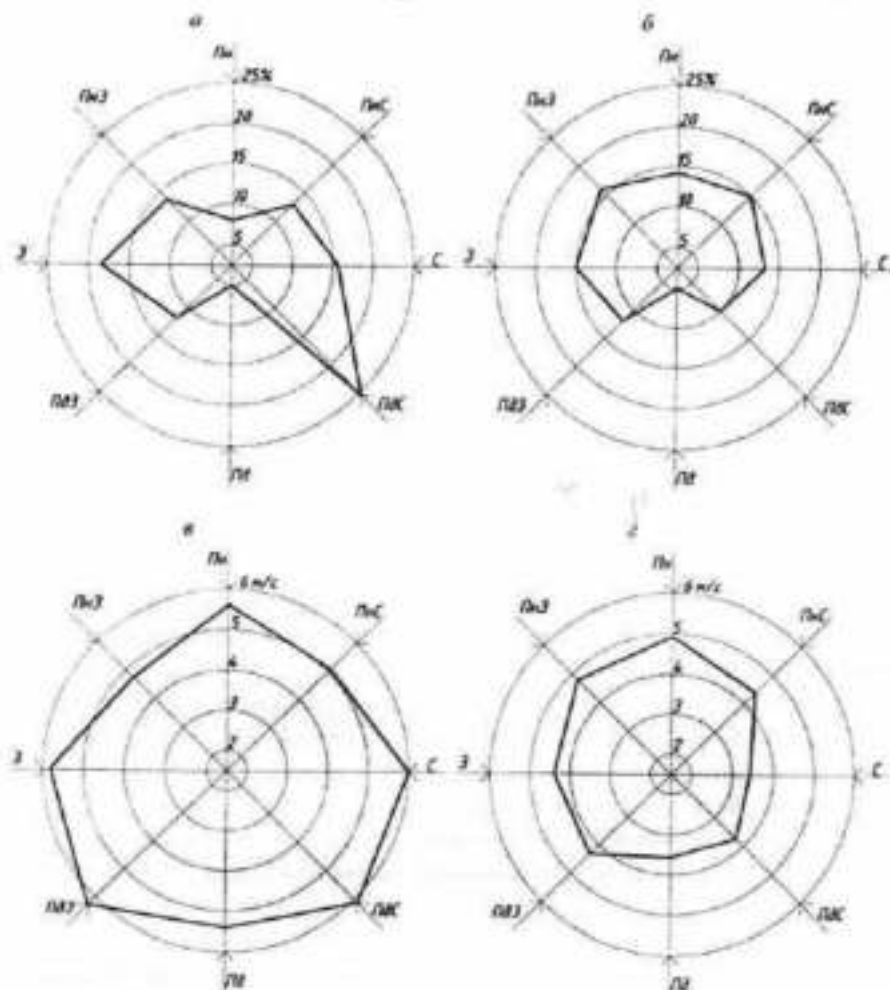


Рис. 2.2. Роза вітрів за напрямками для м. Донецька:

а – повторюваності за січень; б – повторюваності за липень; в – швидкості за січень; з – швидкості за липень

Вітровий тиск створює додаткові статичні навантаження на будівельні конструкції та збільшує тепловитрати будівель. Сильні пориви вітру створюють також ударні та динамічні впливи на будівлі та споруди, що ускладнює умови роботи будівельних конструкцій.

Швидкість вітру на метеостанціях визначається, як горизонтальна складова середньої швидкості повітряного потоку на висоті 10 м над поверхнею землі. При проектуванні висотних будівель необхідно враховувати збільшення швидкості вітру за висотою.

При проектуванні висотних будівель в населених пунктах треба враховувати, що вітер при ударі на перешкоду розбивається на декілька потоків, частина яких огинає будівлю, а частина спрямовується вниз до кутів будівлі. Саме тут спостерігаються найсильніші потоки повітря, які у 2...3 рази перевищують за своєю швидкістю вітер, який у цій місцевості має місце при відсутності перешкоди.

При дії вітрових навантажень із підвітряного боку будівлі виникає простір із розрідженим повітрям, який створює від'ємний тиск – відсмоктування, що збільшує величину загального тиску вітру. Вітер при цьому міняє як напрям, так і швидкість.

Характер рози вітрів, а особливо переважаючий напрям вітру враховується у містобудівному проектуванні: при виборі місця для населених пунктів і розподілу в них міських функціональних зон, при розміщенні промислових комплексів і підприємств відносно сельбищної території, трасуванні вулиць, орієнтації будівель за сторонами світу, у проектуванні будівель та споруд – при розрахунках і конструюванні систем аерації, вітрозахисту, розрахунках теплостійкості стін тощо. Величини повторності напрямів і швидкостей вітру для населених пунктів України наведені в таблиці додатку 2.1.

У проєктах планування та забудови міст передбачається розподіл їх території на функціональні зони – сельбищну, промислову, зону зовнішнього транспорту та районів відпочинку населення. *Сельбищна зона* призначена для проживання населення і зайнята житловою забудовою, громадськими центрами, вулично-дорожньою мережею, зеленими насадженнями загального користування, іноді нешкідливими виробничими об'єктами тощо. Для цієї зони виділяють найбільш сприятливу в санітарному відношенні частину території міста. Основною санітарною вимогою є розміщення сельбищної зони з навітряної сторони відносно промислових зон та вище за течією рік.

Важливим фактором при визначенні експлуатаційних якостей будівель є *перенос і накопичення відкладень снігу* на їх покрівлях. Для вивчення фізико-кліматичних особливостей процесів переносу снігу необхідно виділити можливі метеорологічні явища: снігопади при відсутності вітру; снігопади із вітром, які викликають верхові хуртовини; сильні зимові вітри, що викликають переміщення снігу поблизу снігового покриву – низові хуртовини. Найбільш небезпечними для будівель є верхові хуртовини, що викликають снігові заноси на територіях прилеглих до будівель та на їх дахах. При цьому на відкритих рівнинних місцевостях потік снігу у горизонтальному напрямі може у декілька разів перевищити кількість опадів, які випадають на поверхню землі при відсутності вітру. На більшій частині території України із нестійкою зимою і частими відлигами поверхню снігового покриву сковує снігова кора (наст), а тому низові хуртовини відбуваються рідко.

Основною причиною відкладання снігу біля перешкод є втрата швидкості снігоповітряних потоків, у зв'язку з чим частина завислих частинок снігу випадає на землю. Кількість відкладання снігу залежить від веродинамічних властивостей перешкод. Аеродинамічні властивості будівель у вигляді паралелепіпедів залежать від їх геометричних параметрів – висоти, довжини і ширини. При напрямі вітру, нормальному до фасаду будівлі, відкладання снігу виникають перед навітряним фасадом на деякій відстані від цієї будівлі. При верхових хуртовинних сніг переноситься через будівлю і відкладається на даху будівлі та з боку підвітряного фасаду. При інтенсивному переносі снігу і несприятливій орієнтації відносно переважаючих вітрів невисокі будівлі можуть бути занесені снігом на всю висоту (рис. 2.3, а, б).

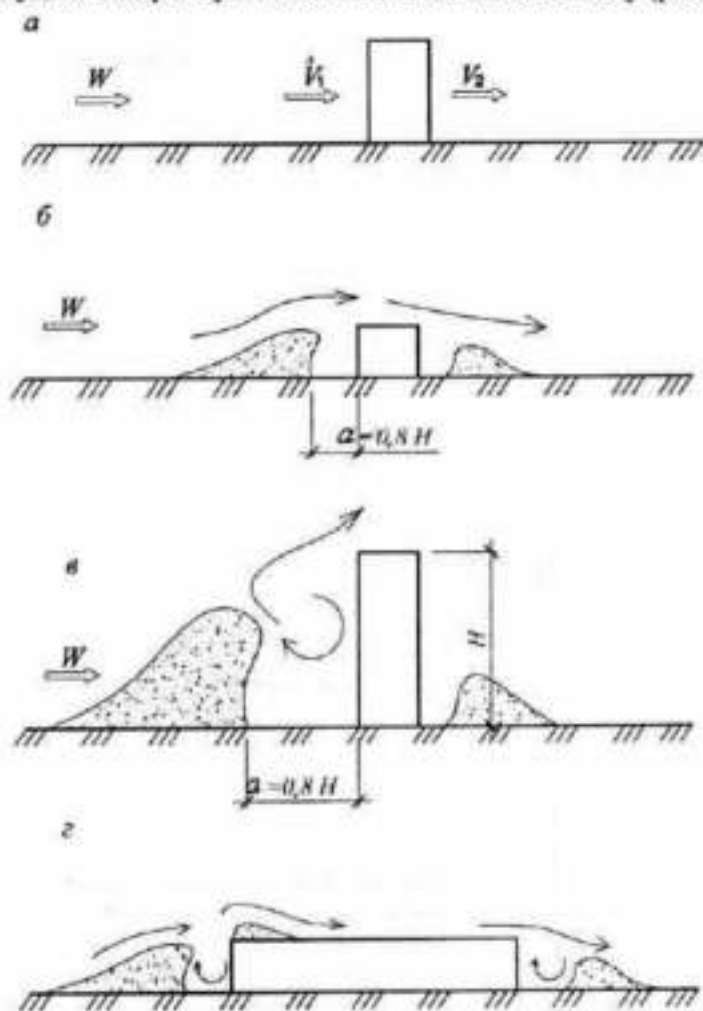


Рис. 2.3. Відкладання снігу біля будівель під час переносу вітром: а – втрата швидкості вітру; б – невисоких; в – високих; г – з великими розмірами у плані; W – напрям вітрового тиску; V_1 – швидкість вітру біля будівлі; V_2 – швидкість вітру знизька будівлею; H – висота будівлі; a – ширина зони видування снігу

Перед високою будівлею, зазвичай, утворюється зона «видування» перенесеного снігу (рис. 2.3, *а*), а на дахах будівель, із великими розмірами у плані, великі снігові відкладення (рис. 2.3, *з*). Безпосередньо перед навітряним фасадом будівлі виникає зона видування снігу внаслідок утворення вихрового переміщення повітря, що трансформується у висхідний потік, який має значну швидкість при великій висоті будівлі. Ширина зони видування залежить від висоти будівлі та може досягати $b = 0,8 H$ [2].

Розміри будівлі у плані також впливають на особливості розподілу снігових відкладень. При відносно малій довжині фасадів, паралельних сніговітровому потоку, вся ця довжина може бути занята відкладаннями снігу (рис. 2.4, *а*), а при збільшенні довжини таких фасадів їх більша частина залишається вільною від снігових відкладань (рис. 2.4, *б, в*), а тому достатньо сприятлива для розташування

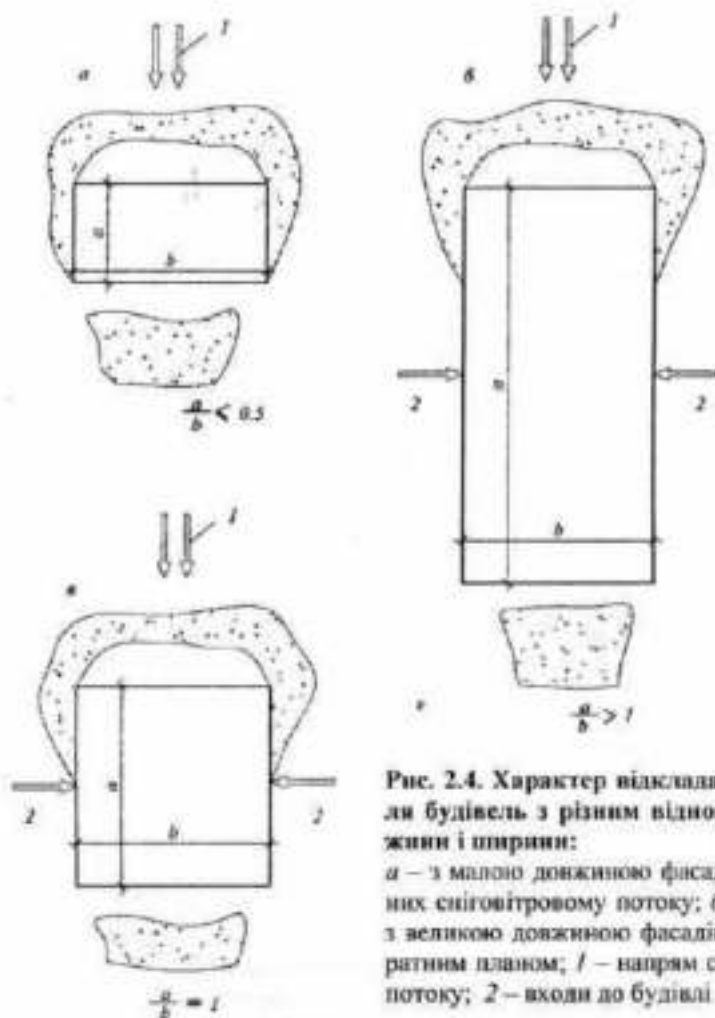


Рис. 2.4. Характер відкладання снігу біля будівель з різним відношенням довжини і ширини:

а – з малою довжиною фасадів, паралельних сніговітровому потоку; *б* – те ж саме, з великою довжиною фасадів; *в* – із квадратним планом; 1 – напрям сніговітрового потоку; 2 – входи до будівлі

входів до будівлі. Розташування входів до будівлі з навітряного боку призводить до значних тепловитрат.

Для запобігання відкладень снігу на автомобільних і залізничних дорогах із навітряного боку можна установлювати щити, які не доходять до землі. Біля таких перешкод снігоповітряні струмені стискаються, відбувається збільшення їх швидкості, а на віддалених від перешкод ділянках падає їх швидкості. У результаті відкладання снігу біля перешкод не спостерігається, а він накопичується на ділянках із деяким віддаленням від дороги (рис. 2.5, *a*). Аналогічний ефект дають багатоповерхові будівлі із незабудованим простором першого поверху (рис. 2.5, *b*).

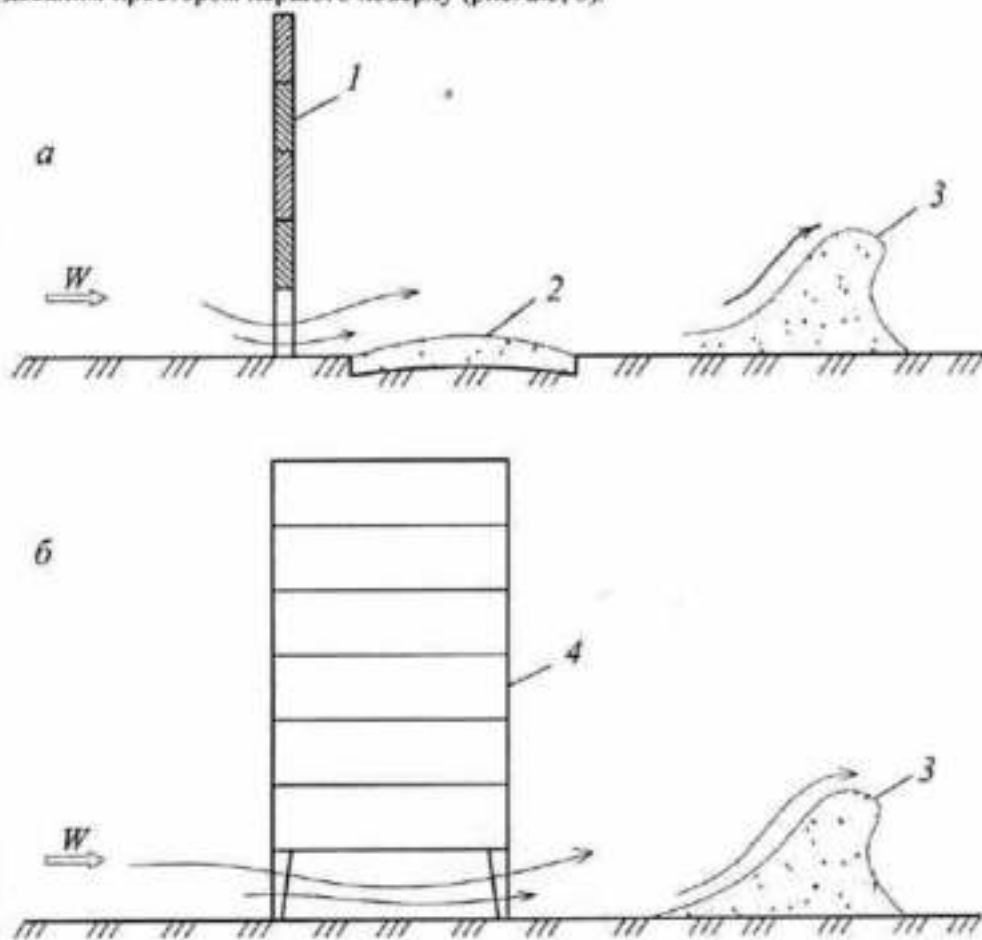


Рис. 2.5. Регулювання відкладання снігу біля доріг і будівель:

a – захист доріг від відкладання снігу з допомогою глухих щитів, які не доходять до землі;
b – обмеження відкладання снігу біля будівлі алаштуванням незабудованого простору нижнього поверху; 1 – щити; 2 – полотно дороги; 3 – відкладання снігу; 4 – будівля; *W* – напрям вітрового тиску

Для запобігання накопичення снігу поблизу будівель і на його дахах, а також для обмеження фільтрації зовнішнього повітря через огорожувальні конструкції при холодній погоді, яка супроводжується сильними вітрами, будівлям доцільно надавати аеродинамічно обтічні форми. Будь-які несприятливі в аеродинамічному відношенні виступи, заглибини, перепади висот на зовнішніх поверхнях будівель є перешкодами, що викликають місцеві відкладення снігу, які у подальшому ущільнюються вітром і важко піддаються очищенню. Тому в промислових будівлях слід ухилятися від несобігрантованого проектування перепадів висот між окремими прогонами та влаштування надбудованих ліхтарів верхнього освітлення (рис. 2.6, а, б).

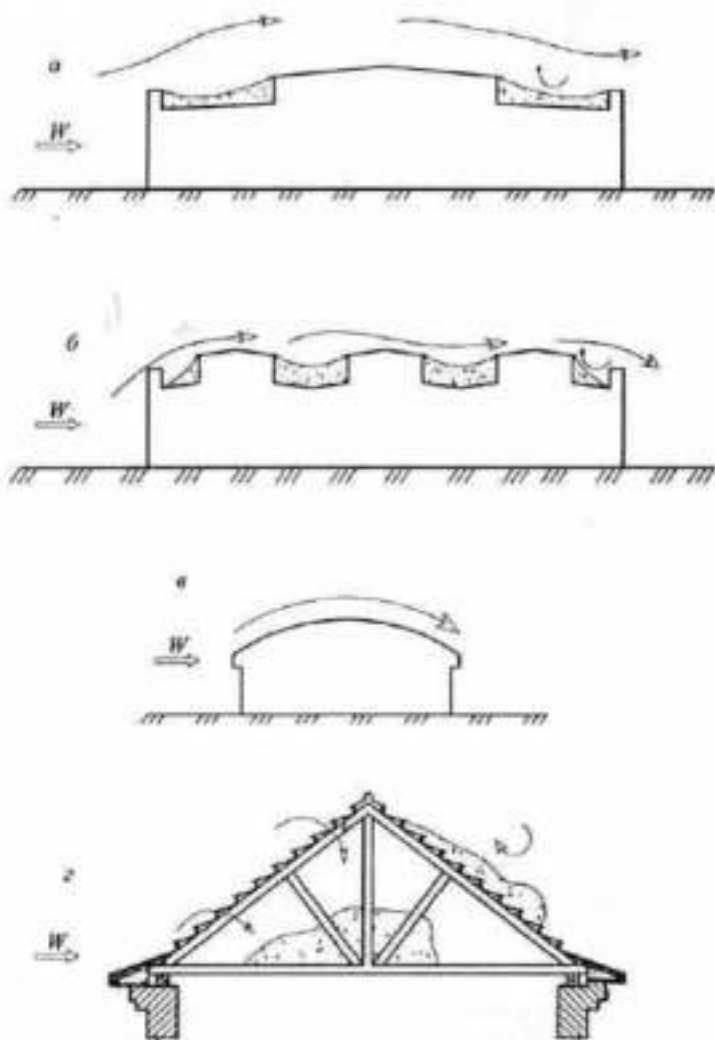


Рис. 2.6. Особливості відкладання снігу на дахах будівель:

а – за наявності перепадів висот; б – за наявності ліхтарів верхнього освітлення; в – на плоских покриттях без паралетів сніг задувається вітром; г – на схильних дахах із штучних матеріалів; W – напрям вітрового тиску

Дахам малоповерхових житлових будинків слід надавати найпростішу обтічну форму з пологими похилами (рис. 2.6, а, г). При похилах даху більше $18...20^\circ$ на навітряних схилах утворюється надмірний аеродинамічний тиск, а на підвітряних – відкладання снігових мішків. На поверхнях більш пологих дахів відкладання снігу спостерігається на навітряних схилах. Для запобігання відкладання снігу на горищах будівель через нещільності штучних матеріалів, наприклад, глиняної черепниці необхідно надійно герметизувати покрівлю. Для цього рекомендується використовувати повітрязахисні та гідробар'єрні плівки.

На територіях забудови міст при великій повторюваності погоди з великими швидкостями вітру та інтенсивному переносі завислих частинок снігу або піску доцільно проектувати *периметральну забудову*, за якої по периметру забудованої території розташовуються *вітрозахисні будівлі* (рис. 2.7, а).

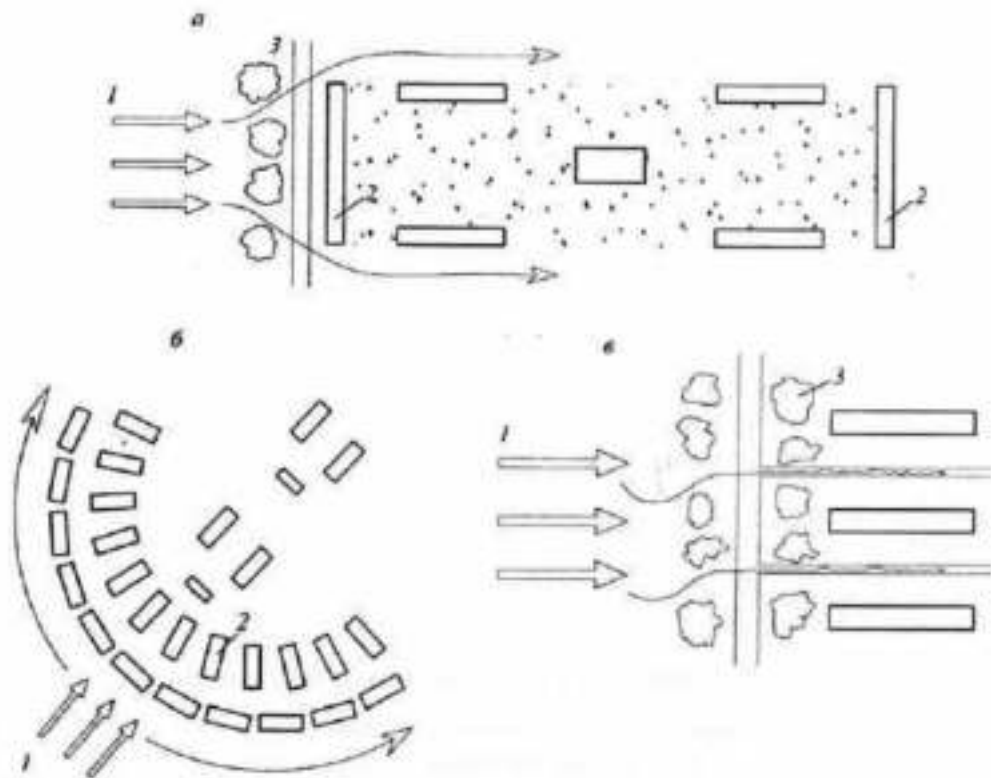


Рис. 2.7. Типи забудови при повторюваності погоди з великими швидкостями вітру та інтенсивному переносі завислих частинок снігу або піску:

а – периметральна забудова; б – периметральна забудова обтічної форми; в – відкрита забудова з торцями будівель, звернутими у бік переважаючих вітрів; 1 – напрям переважаючих вітрів; 2 – вітрозахисна будівля; 3 – захисне озеленення

На фасади таких будівель, які звернуті у бік переважаючих вітрів, виносять сходові клітки, допоміжні та службові приміщення, що непризначені для тривалого перебу-

вання людей, та надійно герметизують зовнішні огорожувальні конструкції. Для обмеження снігових відкладень біля будівель і зменшення тиску вітру на поверхні будівель, периметральній забудові доцільно надавати обтічних форм з боку переважаючих вітрів (рис. 2.7, б). Периметральна забудова створює всередині кварталу більш сприятливий мікроклімат. При інтенсивному переносі дошової вологи бажано використовувати *віяну* або *рядову забудову*, при якій торці будівель звернуті у бік переважаючих вітрів (рис. 2.7, в). Для зменшення промокання огорожувальних конструкцій торці таких будівель проєктують глухими (без вікон) та із невеликою площею.

Для покращення мікроклімату міської забудови в південних районах України використовують активізацію швидкості вітру у результаті стискання повітряного струменя. Для цього використовують *віялове планування забудови*, яке підсилює навіть слабкий рух охолодженого повітря, що стікає з гір або направлене із боку водних просторів [2] (рис. 2.8).

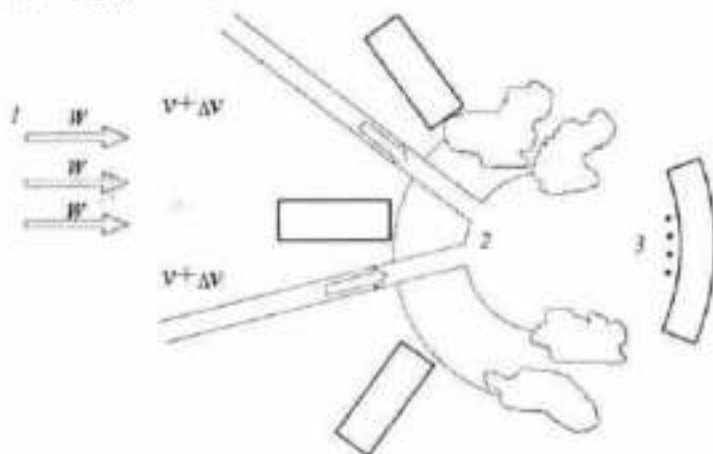


Рис. 2.8. Віялове планування забудови для активізації швидкості вітру: W – напрям переважаючого вітрового тиску; v – швидкість вітру; Δv – приріст швидкості вітру; I – напрям вітрів; 2 – зона озеленення

2.1.2. Принципи кліматичного районування

Крім, описаних вище, окремих кліматичних факторів важливу роль відіграє комплексна характеристика у вигляді *кліматичного районування території*, тобто визначення типових характеристик клімату, властивих окремим районам країни, та меж їх поширення.

Спеціально для цілей будівництва виділяють такі види кліматичного районування: будівельно-кліматичне, за градусо-добами опалювального періоду, світлокліматичне, за вітровим тиском, за сніговим навантаженням, за навантаженням від ожеледі та інші [14, 15, 17, 40].

Будівельно-кліматичне районування території є найбільш складною задачею, тому що при вирішенні її враховується вплив кліматичних показників на об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівель і споруд та їх раціональне

розміщення при забудові населених пунктів. Воно розробляється архітекторами, будівельниками та кліматологами для цілей проектування та безпосередньо пов'язано з типологією будівель, а також із містобудівельними рішеннями [40].

Річний хід температури повітря для різних частин земної кулі досить різноманітний. У першу чергу, він визначається географічною широтою місцевості. У залежності від широти, виділяють чотири основних типи річного ходу температури: *екваторіальний, тропічний, помірний та полярний*. У межах однієї широти суша літом тепліша, а зимою холодніша від водних поверхонь морів і океанів. Це обумовило виділення двох типів клімату: морського та континентального. Різні умови нагрівання поверхні землі пов'язані з широтою місцевості та впливом моря або океану створюють картину розподілу температур по земній поверхні, які виражаються ізотермами.

Для того щоб отримати уявлення про розподіл тепла по земній поверхні у середньому за цілий рік, користуються картами річних ізотерм. Межу між жарким і помірним поясами, зазвичай проводять за річною ізотермою в 20°C, яка на суші переміщується у бік полюсів, а в океані – у бік екватора від тропіків [46].

Основними критеріями кліматичного районування є: середньомісячна температура повітря в січні та липні, середня швидкість вітру за три зимові місяці, а також середньомісячна відносна вологість повітря в липні. У будівельних цілях територія СРСР була розділена на окремі кліматичні райони і підрайони (рис. 2.9), які характеризуються сполученням визначених кліматичних показників, наведених у табл. 2.2 [51].

Таблиця 2.2

Показники кліматичних районів і підрайонів на території колишнього СРСР

| Кліматичні | | Середньомісячна температура повітря, °C | | Середня швидкість вітру за три зимових місяці, м/с | Середньомісячна відносна вологість повітря в липні, % |
|------------|-----------|---|-----------|--|---|
| Райони | Підрайони | Січень | Липень | | |
| I | IA | -32 і нижче | 4...19 | – | – |
| | IB | -28 і нижче | 0...13 | 5 і більше | Більше 75 |
| | IV | -14...-28 | 12...21 | – | – |
| | IG | -14...-28 | 0...14 | 5 і більше | Більше 75 |
| II | ID | -14...-32 | 10...20 | – | – |
| | IIA | -4...-14 | 8...12 | 5 і більше | Більше 75 |
| | IIB | -3...-5 | 12...21 | 5 і більше | Більше 75 |
| | IIV | -5...-14 | 12...21 | – | – |
| III | IIIГ | -5...-14 | 12...21 | 5 і більше | Більше 75 |
| | IIIA | -14...-20 | 21...25 | – | – |
| | IIIB | -5...2 | 21...25 | – | – |
| IV | IIIV | -5...-14 | 21...25 | – | – |
| | IVB | -10...2 | 28 і вище | – | – |
| | IVГ | 2...6 | 22...28 | – | 50 і більше |
| | IVB | 0...2 | 22...28 | – | – |
| | IVГ | -15...0 | 25...28 | – | – |

На основі показників, наведених у табл. 2.2, можна дати наступну загальну характеристику основних кліматичних районів колишнього СРСР:

I – холодний, з дуже холодною, тривалою суровою зимою та коротким прохолодним або теплим літом;

II – помірний, з холодною зимою, але теплим або помірно теплим літом;

III – теплий, із іноді холодною зимою, але жарким літом;

IV – жаркий, з короткою та нестійкою зимою, але тривалим і жарким літом.

Кліматичні умови I району, до якого відносяться північні та східні частини території колишнього СРСР, є найбільш суворими. Для цього кліматичного району характерні наступні несприятливі фактори: тривалий зимовий період (від 185 до 305 днів); низькі зимові температури зовнішнього повітря (від -50 до -70°C). У різних підрайонах діють додаткові несприятливі для проживання людей та будівництва фактори: вічномерзлі ґрунти; сильні вітри із завірюхами взимку і косими дощами влітку або безвітряні зони нерухомого повітря; селеві та зсувні явища; підвищена сейсмічність; заболоченість території; наявність просідаючих ґрунтів; дуже мала інтенсивність інсоляції при низькому над горизонтом сонця стоянні та тривалій полярній ночі. Враховуючи комплексні характеристики клімату, в I кліматичному районі виділяють три підрайони:

– тундрова, вітрова (IB і IG) – включає території вздовж Північного Льодовитого і Тихого океанів, за медикобіологічними показниками ці райони визнані непридатними для постійного заселення людиною;

– тайгова, особливо морозна (IA) – включає великі простори рідколісся Східного Сибіру і тайгові райони. Ці території визнані обмежено придатними для заселення, їх доцільно використовувати для тимчасового проживання працюючих у вахтових селищах;

– пургова, лісоболотна (IB) – розповсюджується на центральні та південні райони Східного Сибіру. Тут спостерігається дуже широкий діапазон природно-кліматичних умов практично придатних для постійного проживання людей.

У підрайонах IA та IB у радянські часи були побудовані великі міста: Норильськ, Магадан, Сургут, Нижньовартівськ, Нахим, Уренгой тощо. Характерною особливістю цих міст є компактність забудови, меридіональне розташування будівель на генпланах для покращення інсоляції внутрішніх приміщень, максимальне наближення об'єктів обслуговування до житла, більш комфортні об'ємно-планувальні рішення житлових будівель (більша висота приміщень, більша кількість підсобних приміщень тощо).

II і III кліматичні райони (середня смуга колишнього СРСР) характеризуються помірним кліматом із приблизно рівними теплими та холодними періодами року, помірними температурами і вологістю повітря 25...70%. Режим проживання тут більш відкритий. Основні нормативи колишнього СРСР по проектуванню будівель орієнтовані на ці райони.

У районах із жарким кліматом колишнього Радянського Союзу (IV і частково III райони) також існують несприятливі фактори для проживання людей. Особливості кліматичних умов цих районів: жарке літо з середньою температурою зовнішнього повітря спекотного місяця вище 21°C ; значні добові коливання температури повітря; сильні вітри і пилові бурі; висока сухість повітря; мала кількість

дощів і, навпаки, слабкі вітри та сильні дощі, висока вологість повітря; високий рівень сонячної радіації.

За сукупністю несприятливих факторів *жаркий клімат поділяють на сухий і вологий*.

Сухий жаркий клімат характеризують: відсутність рослинності, що знижує кількість кисню в повітрі; наявність піщаних і лесових ґрунтів, які сприяють виникненню пилових бур при великій швидкості вітру і малій вологості повітря (менше 25%). Клімат пустелі Гобі, яка знаходиться в Азії, на півдні Монголії та півночі Китаю, характеризується найбільшими на земній кулі річними амплітудами температури повітря (липень до +45⁰С і січень до -40⁰С, опади випадають один раз на два роки.

Жаркий вологий клімат (вологість 70% і вище) характеризують сильні штормові вітри під час літньої спеки, які є дискомфортними для людини. В таких умовах активно зростають і розмножуються бактерії, грибки, комахи, що приводить до швидкого руйнування будівельних конструкцій і створює загрозу здоров'ю людей.

Створення сприятливого мікроклімату в житлових і робочих приміщеннях пов'язано з використанням природних факторів при будівництві. Наприклад, для зменшення перегріву будівель, щоб найбільш гарячі промені сонця не проходили глибоко в приміщення, доцільно проектувати їх із широтною орієнтацією.

В умовах жаркого сухого клімату найбільш сприятлива щільна, компактна забудова із замкнутою або напівзамкнутою структурою: блокування будівель, спорудження будівель-екранів, які захищають внутрішні квартальні простори від пилових бур (рис. 2.7, а, б), проектування широких (до 18 м), заглиблених у ґрунт будівель із світловентиляційними внутрішніми подвір'ями.

В умовах жаркого вологого клімату використовують розосереджену забудову короткими та односекційними будівлями, які забезпечують гарне провітрювання приміщень (рис. 2.7, в), а також віялове планування забудови для активізації швидкості вітру (рис. 2.8).

2.1.3. Будівельно-кліматичне районування території України

Власна нормативна будівельна база в Україні знаходиться у стані розробки. Це стосується і кліматичного районування території України для цілей будівництва та архітектури. Будівельно-кліматичне районування території України отримало назву *фізико-географічного районування* [14]. При цьому кліматичні зони України повністю збігаються з відповідними будівельно-кліматичними підрайонами території УРСР на карті будівельно-кліматичного районування території СРСР [51] (рис. 2.9). У межах кожної кліматичної зони на території України встановлені певні кліматичні підзони. Всього в Україні виділено десять фізико-географічних підзон, а їх границі проведені там, де змінюється типові характеристики клімату (рис. 2.10).

Україна знаходиться в кліматичних підрайонах: **ПВ**, зони ПВ1 – Полісся, ПВ2 – Центральний і Східний лісостеп, ПВ3 – Північно-Західний лісостеп, ПВ4 – Українські Карпати, Закарпаття; **ПШВ**, зони ПШВ1 – Західний степ, ПШВ2 – Східний степ; **ПШБ**, зони ПШБ1 – Південний степ, ПШБ2 – Степовий Крим, узбережжя Чорного та

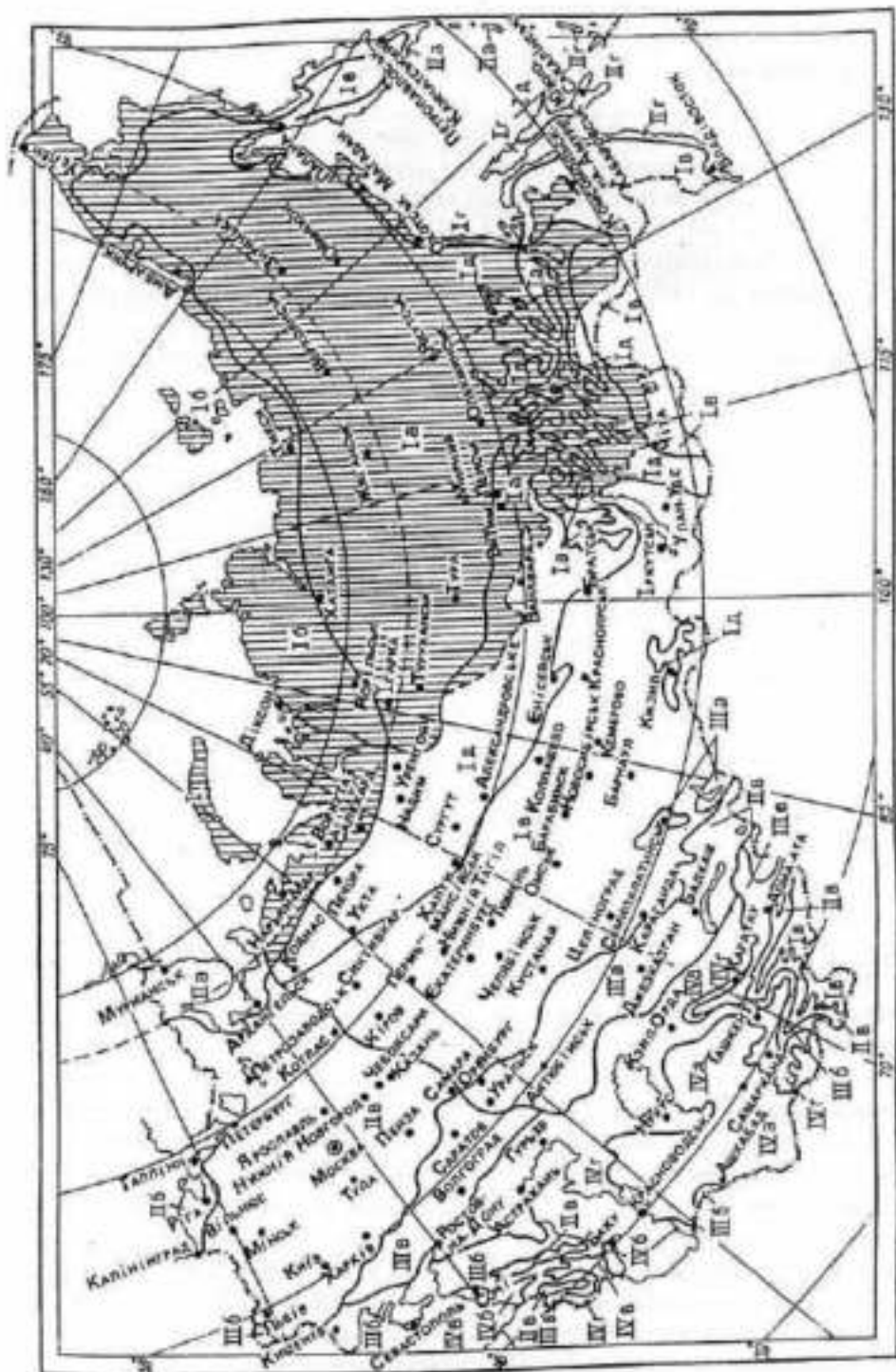


Рис. 2.9. Схематична карта кліматичного районування території колишнього СРСР для будівництва: Запнтрихована північна будівельно-кліматична зона

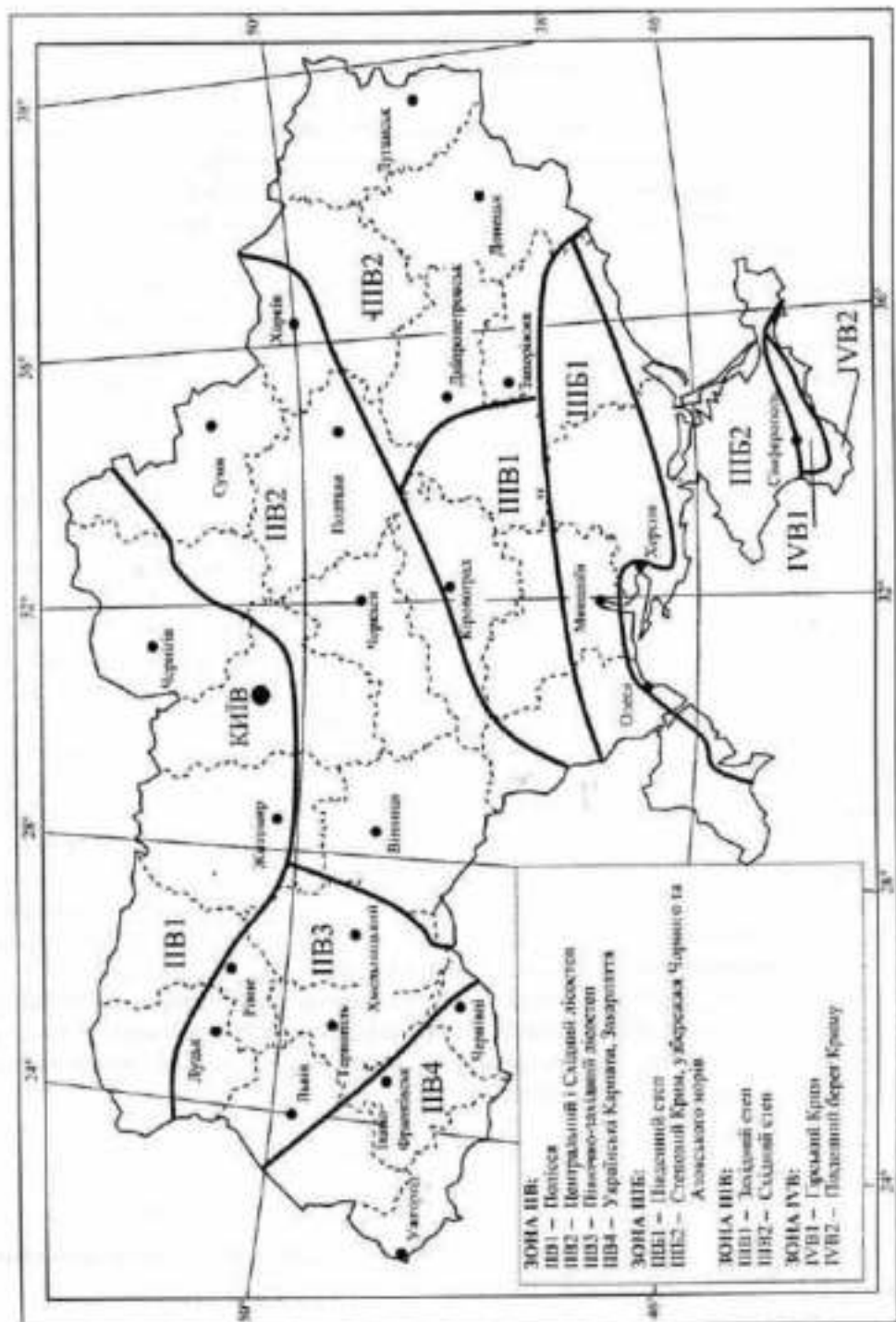


Рис. 2.10. Карта фізико-географічного районування території України [9, 40]

Азовського морів; IVB, зони IVB1 – Гірський Крим, IVB2 – Південний берег Криму. Територія України знаходиться в помірному кліматичному поясі і лише південний берег Криму – в субтропічному поясі, що пояснюється наявністю Кримських гір, які перешкоджають проникненню арктичного холодного повітря на Чорноморське узбережжя.

Континентальність клімату, яка характеризується значними коливаннями температури повітря, зменшенням вологості, хмарності та опадів і великою змінністю цих показників порівняно з морським кліматом, збільшується із заходу на схід України. На більшій частині території України середня температура у січні знаходиться в діапазоні $-2...-8^{\circ}\text{C}$, а в південних районах і у Криму – $+2...+4^{\circ}\text{C}$. Середні температури у липні – $+17...+19^{\circ}\text{C}$, а у південних районах і у Криму – $+22...+23^{\circ}\text{C}$. Кліматичні параметри холодного і теплого періодів року для міст України наведені у таблицях додатків 2.2 і 2.3 [40, 51]

Опади розподіляються нерівномірно. Більше всього їх випадає у Карпатах (близько 1500 мм/рік) і Кримських горах (1000 мм/рік). Кількість опадів зменшується із заходу України на схід, із півночі на південь. У західних областях України на рік випадає 700 мм опадів, на узбережжі Чорного та Азовського морів – біля 300 мм. На більшій частині рівнинної території випадає 450...500 мм опадів на рік [46].

Істотний вплив на кліматичні умови України має рельєф місцевості. Рівнинна поверхня суші сприяє вільному переміщенню повітряних мас по всій її території. Гори і височини отримують більшу кількість опадів.

Таким чином, для клімату України характерні: мінусова температура зимового періоду і плюсова літнього, які визначають необхідність теплового захисту приміщень будівель у всіх кліматичних районах взимку та захист будівель у III і IV кліматичних районах від їх перегріву влітку, а при розрахунках несучої здатності будівельних конструкцій та ґрунтових основ будівель і споруд необхідно враховувати снігові, вітрові, ожеледю-вітрові навантаження, температурні та вологісні кліматичні впливи.

Кліматичне районування за градусо-добами опалювального періоду має значення при розрахунку сезонних втрат тепла та розв'язанні інших теплофізичних питань у будівництві (рис. 2.11). На його основі в Україні нормуються необхідні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій [15] та прораховуються параметри опалювальних приладів і кондиціонерів.

Градусо-доби періоду опалення \rightarrow , це показник, що визначає температурно-часову характеристику району будівництва для розрахунків сезонних втрат тепла та потреб палива протягом періоду опалення. Величина градусо-діб опалювального періоду D_{θ} , $^{\circ}\text{C}$ діб, визначається за формулою:

$$D_{\theta} = (t_{\theta} - t_{\text{от.т}}) \cdot z_{\text{от.пер}}, \quad (2.1)$$

$t_{\theta} = 18^{\circ}\text{C}$ – розрахункова температура повітря всередині будівлі;

$t_{\text{от.пер}}$ – середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду для відповідного населеного пункту [51];

$z_{\text{от.пер}}$ – тривалість періоду опалення, діб.

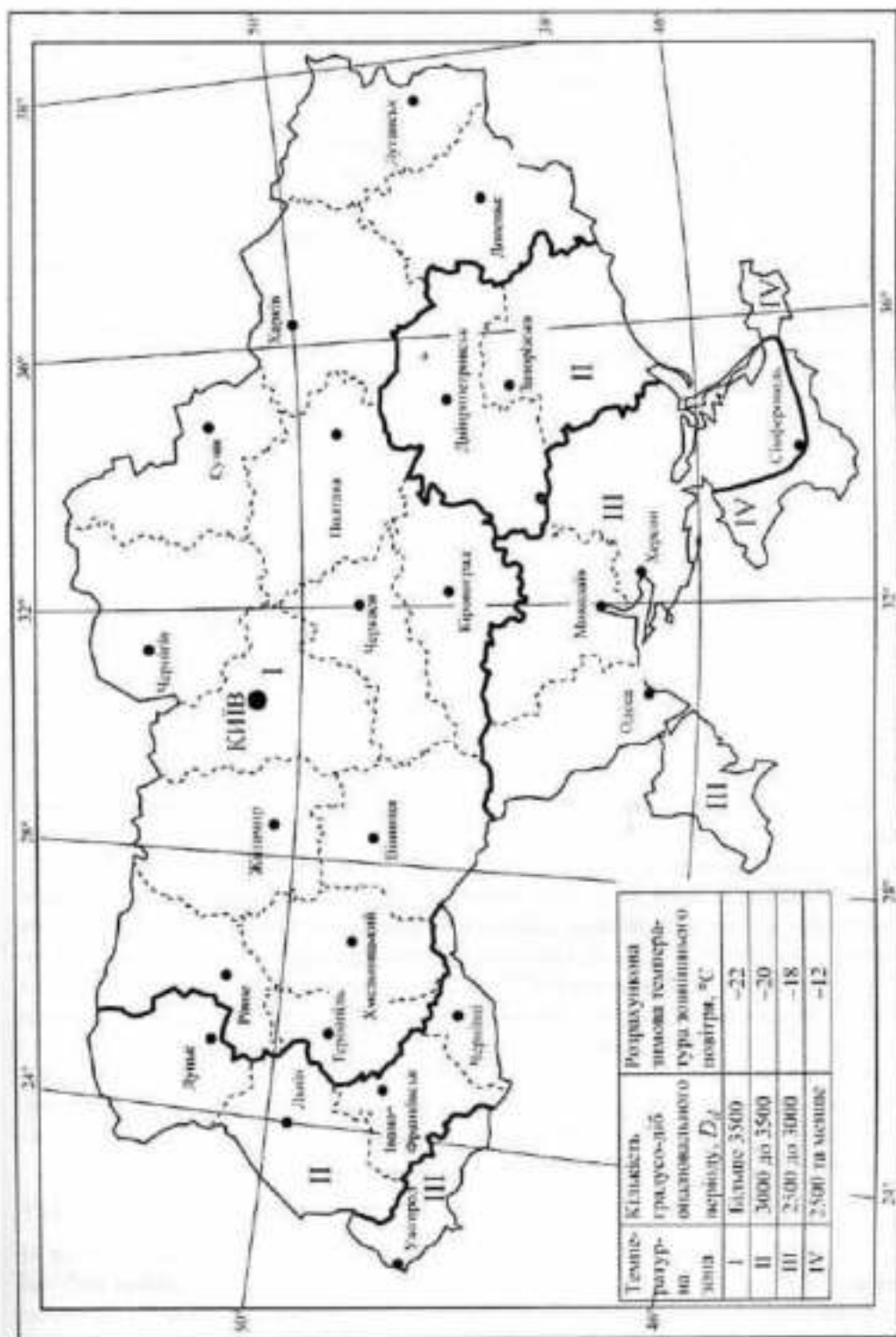


Рис. 2.11. Карта температурних зон території України [15, 40]

Опалювальний період – це період з температурою зовнішнього повітря нижче 8°C – для житлових, громадських і адміністративних будівель та 10°C – для лікувальних, дошкільних і дитячих навчальних закладів. Його середня температура та тривалість визначається за [51].

На рис. 2.11 наведено карту кліматичного районування території України за градусо-добами опалювального періоду, яка має назву «Карта температурних зон території України». Для виконання теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій будівель територію України поділили на **чотири температурні зони**, для яких встановили кількість градусо-днів періоду опалення будівель і нормативні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

До **I температурної зони України** віднесені 14 областей, для яких $D_d > 3500$ град-днів: Київська, Чернігівська, Сумська, Полтавська, Харківська, Черкаська, Кіровоградська, Луганська, Донецька, Житомирська, Вінницька, Рівненська, Тернопільська і Хмельницька.

До **II температурної зони** ($D_d = 3001...3500$ град-днів) віднесені 6 областей: Волинська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Дніпропетровська і Запорізька.

До **III температурної зони** ($D_d = 2501...3000$ град-днів) віднесені Одеська, Миколаївська, Херсонська і Закарпатська області, а також степні райони Автономної Республіки Крим, включаючи Сімферополь.

До **IV температурної зони** з $D_d < 2500$ град-днів включені прибережні зони південного берега Криму, а також райони міст Євпаторії, Севастополю, Феодосії та Керчі.

Світлокліматичне районування територій необхідне для нормування та розрахунку природного освітлення приміщень (рис. 2.12).

За основний критерій порівняння світлового клімату зазвичай приймається середня зовнішня освітленість $E_{\text{ср}}$, лк, горизонтальної поверхні за розрахунковий період використання природного освітлення приміщень у будівлях, розташованих на даній території. В Україні розрахунковий період використання визначається часом, коли зовнішня освітленість вище критичної освітленості $E_{\text{кр}} = 5000$ лк. Під час визначення світлокліматичної зони враховується значення світлокліматичного коефіцієнта – це відношення середньої зовнішньої освітленості у Москві, як еталонного показника ($m = 1$), до середньої зовнішньої освітленості у заданому районі. Усю територію колишнього СРСР за вказаними ознаками було поділено на п'ять світлокліматичних районів. Територія України за цим районуванням входила до двох зон: IV та V зі світлокліматичними коефіцієнтами, відповідно 0,9 і 0,8.

Зовнішня освітленість залежить також від яскравості неба, оскільки вона неоднакова на різних ділянках неба. Розподіл яскравості захмареного неба від горизонту до зеніту враховується коефіцієнтом q , який визначається за формулою, рекомендованою МКО (Міжнародною комісією з освітлення):

$$q = f(L_0/L_z), \quad (2.2)$$

де $L_0 = L_z (0,33 + 0,66\sin\theta)$ – яскравість ділянки неба, видимої із заданої точки M (у приміщенні) під кутом θ , що утворюється між горизонтальною лінією робочої поверхні та лінією, що поєднує задану точку із серединою вікна (світлового прорізу); L_z – яскравість у зенітній частині неба.

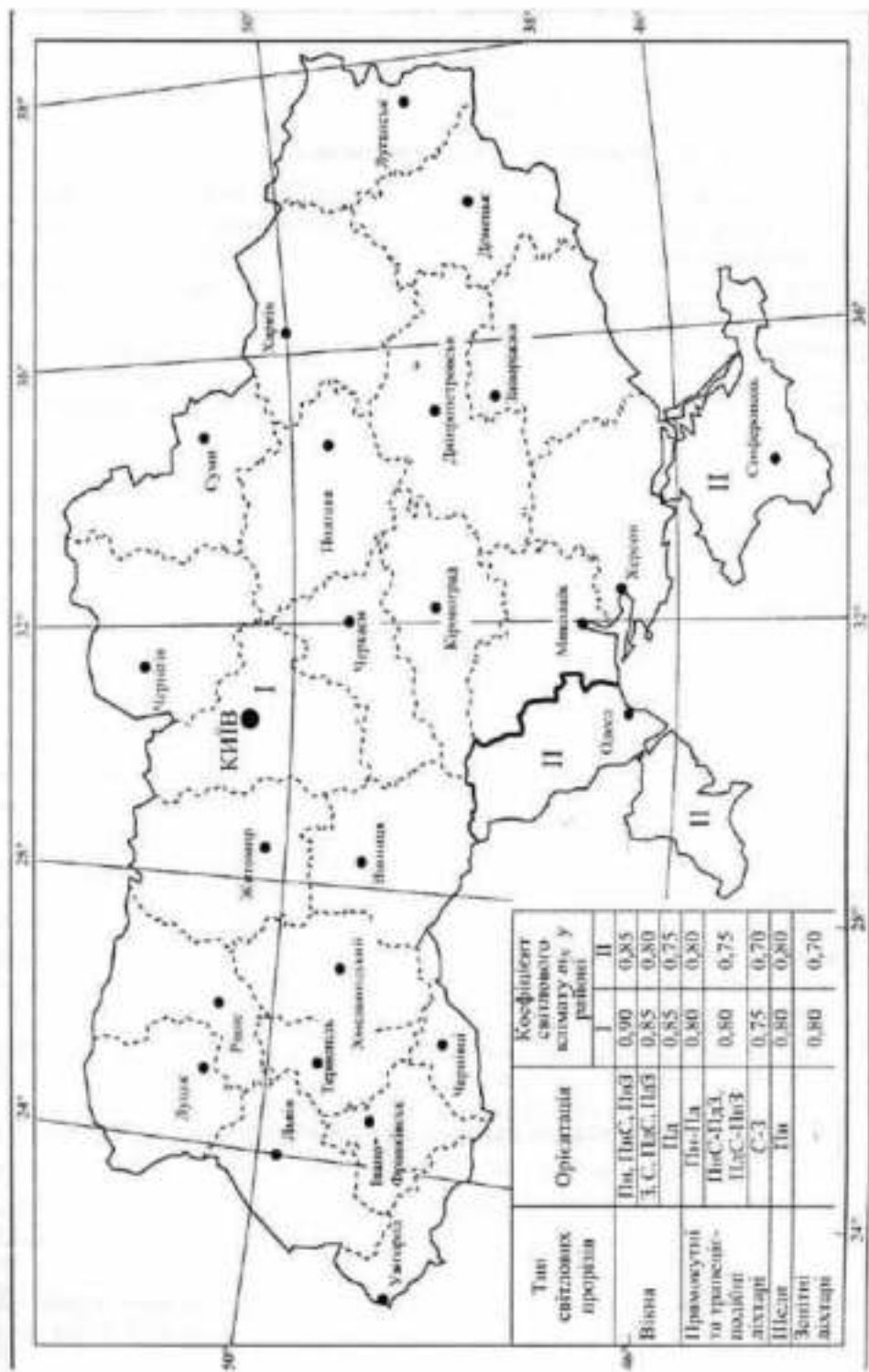


Рис. 2.12. Карта світлового клімату території України [17, 40]

За відомої яскравості неба легко визначити яскравість заскленних поверхонь L_n , які спостерігають у приміщенні із заданої точки M , оскільки тоді:

$$L_n = L_0 \cdot \tau_1, \quad (2.3)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання віконного скла.

Зміна яскравості неба за колом горизонту залежить від положення Сонця над горизонтом і сектора горизонту. Світлокліматичне районування передбачає врахування цієї особливості району через коефіцієнт світлового клімату, який на території України у залежності від виду світлових прорізів та їх орієнтації за сторонами горизонту змінюється від 0,7 до 0,9 (рис. 2.12).

Світловий клімат істотно впливає не тільки на освітлення приміщень, а й на архітектурно-естетичні властивості міської забудови, на вибір об'ємної композиції, пластику фасадів, ритм і пропорції їх членування, на фактуру і колір опоряджувальних матеріалів [50].

Виходячи з цього, важливою характеристикою світлового клімату є контрастність освітленості, що відображає динаміку його зміни за широтними поясами протягом дня та року, яку визначають за формулою:

$$\chi_{\text{ос}} = \frac{E_{\text{с}}}{E_{\text{з}} + E_{\text{н}}}, \quad (2.4)$$

де $E_{\text{с}}$ – сумарна освітленість; $E_{\text{з}}$ – освітленість від неба; $E_{\text{н}}$ – освітленість від землі.

Контрастність освітлення істотно залежить від висоти стояння Сонця, захмареності неба і характеру прилеглої території. Відсутність контрастності освітлення можна спостерігати тільки у хмарні дні, коли яскравість неба зрівнюється з яскравістю засніженої території.

Найвища контрастність улітку спостерігається на півдні України, особливо у Криму, найнижча – у північних районах узимку.

Для відповідного формування штучного освітлення приміщень і фасадів із дотриманням у його формуванні закономірностей природного освітлення вводиться поняття контрасту світлотіні:

$$\chi_{\text{ст}} = \frac{L_1 - L_2}{L_1}, \quad (2.5)$$

де L_1 і L_2 – відповідно яскравість поверхні, освітленої прямим світлом Сонця і затіненої.

Встановлено, що літнього дня коефіцієнт світлотіні у південних районах України становить приблизно 0,7...0,8, на середніх широтах – 0,5...0,6, а в північній зоні Європи всього 0,3...0,4.

Зовнішня освітленість горизонтальної поверхні істотно залежить також від густини атмосфери, крізь яку проходять світлові промені. Рівень проникнення світ-

лових променів крізь атмосферу оцінюють коефіцієнтом, який обчислюють за формулою:

$$\tau_a = p \cdot \rho_a \quad (2.6)$$

де p – коефіцієнт, що залежить від стану атмосфери;

ρ_a – густина атмосфери.

За відмінної видимості $\tau_a=0,9$, за доброї – $\tau_a=0,8$, за поганої – $\tau_a=0,7$, а в умовах забруднення атмосфери над промисловими містами $\tau_a=0,6$. У таких умовах різко знижується також надходження ультрафіолетової радіації, особливо біологічно активної її частини [51].

Згідно двочого *світлокліматичного районування*, територія України має два світлокліматичних райони (рис. 2.12) [17, 40].

Геліокліматичне районування здійснюється для визначення ресурсів сонячної енергії на території країни з метою подальшого використання цієї інформації при нормуванні та розрахунках інсоляції, сонцезахисних пристроїв, а також при проектуванні будівель із пасивним і активним використанням сонячної енергії та сонячних електростанцій [40]. На рис. 2.13 наведено карту кліматичного районування території України для вибору сонцезахисних пристроїв.

Кліматичне районування за тиском вітру проводиться для врахування навантажень від вітру при проектуванні та експлуатації будівель. Усі будівлі та споруди, що знаходяться вище рівня спланованої позначки землі, зазнають впливів вітру. Під час експлуатації будівель, що опалюються, для вітру призводить до збільшення їх тепловитрат.

При проектуванні будівель і споруд простої геометричної форми, висота яких не перевищує 200 м, для визначення вітрового навантаження враховується статична складова вітрового навантаження, що відповідає сталому швидкісному тиску вітру.

Для будівель і споруд складної конструктивної чи геометричної форми, наприклад, висячих покриттів, оболонок, сталевих ґратчастих щогл і башт, а також для будівель висотою більше 200 м при визначенні вітрового навантаження, крім статичних, слід виконувати спеціальні динамічні розрахунки для врахування впливу пульсаційної (динамічної) складової вітрового навантаження, а в необхідних випадках – обдування моделей в аеродинамічній трубі.

При районуванні території користуються результатами спостережень, що здійснюють на метеорологічних станціях, зазвичай, використовують розрахункову швидкість вітру на висоті 10 м над поверхнею землі, а значення швидкості вітру на інших висотах отримують за допомогою коефіцієнтів висоти споруди C_k [14].

Територія України *за характеристичними значеннями вітрового тиску розділена на п'ять вітрових районів* [14] із тиском вітру в діапазоні від 400 Па – для 1 району до 600 Па – для 5 району. Характеристичні значення вітрових навантажень для міст України наведені у таблиці додатку 2.4. Карта кліматичного районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску наведена на рис. 2.14.

При проектуванні будівель та споруд необхідно враховувати величину вітрових навантажень з граничними або експлуатаційними розрахунковими значеннями, які при визначенні сполучень навантажень відносяться до змінних короткочасних

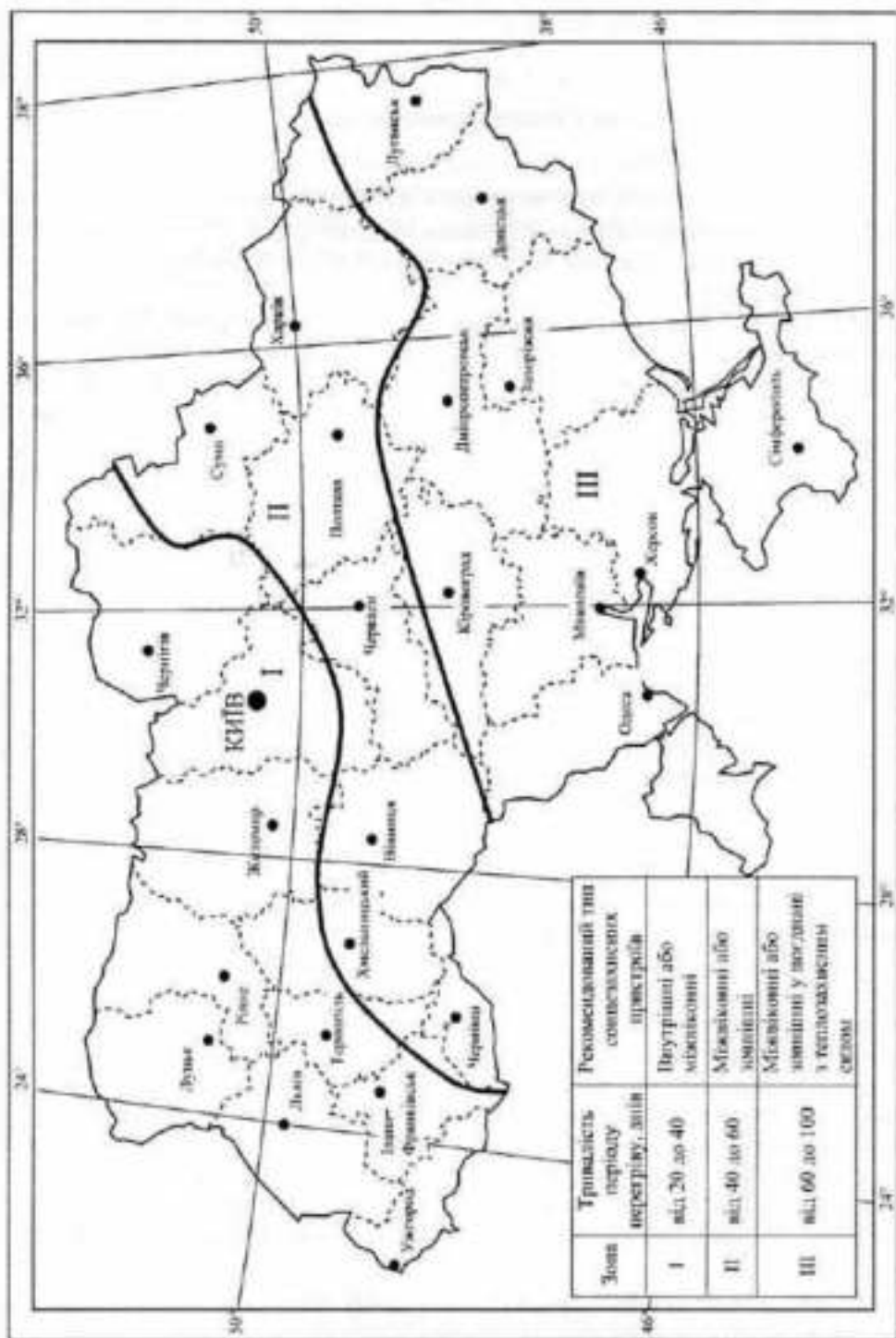


Рис. 2.13. Карта зонування території України для вибору сонцесбірних пристроїв [40]

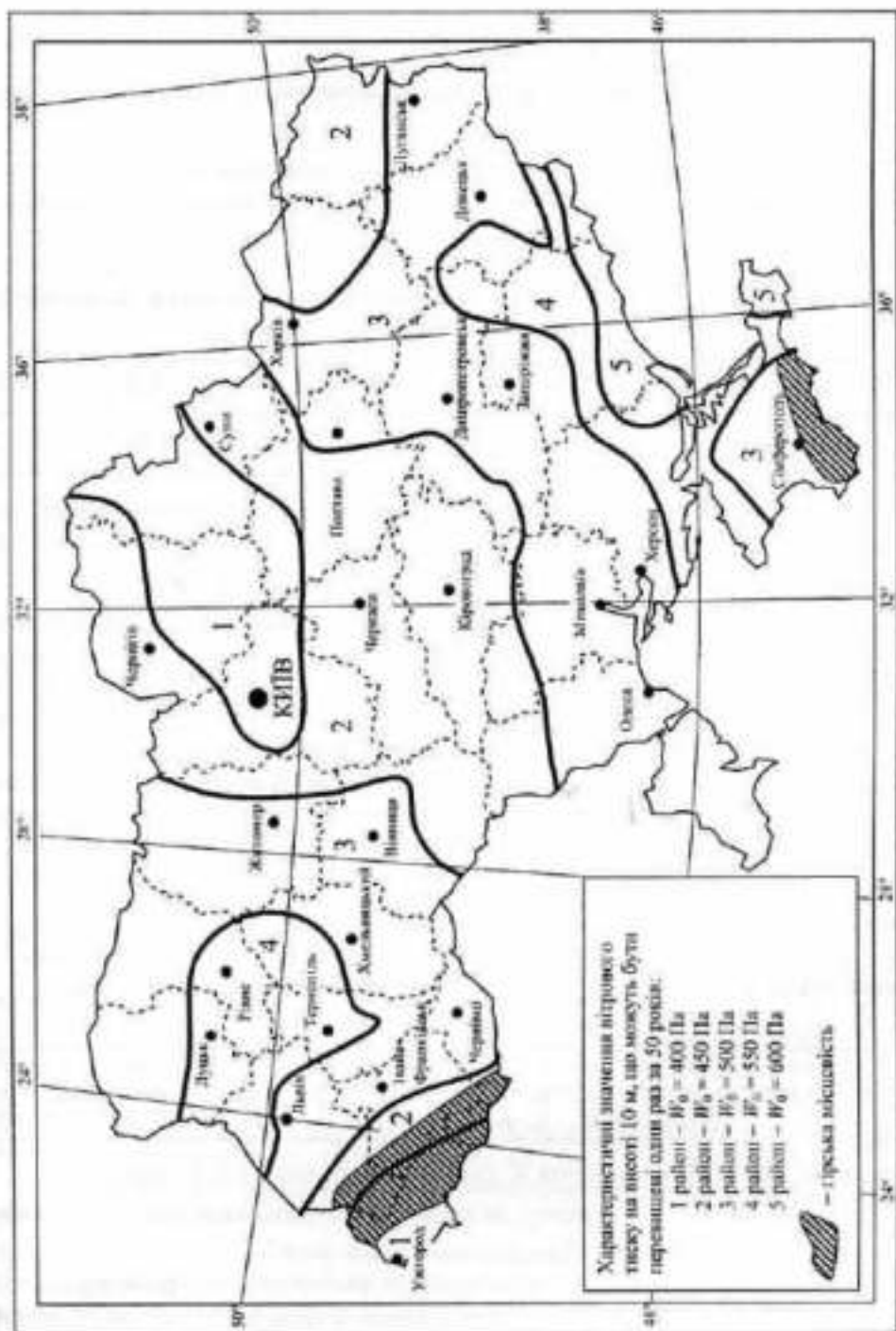


Рис. 2.14. Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску [14, 40]

навантажень. Гранічні або експлуатаційні розрахункові значення вітрових навантажень визначають за формулою [14]:

$$W = \gamma_m \cdot W_0 \cdot C, \quad (2.7)$$

де γ_m – коефіцієнт надійності за розрахунковими значеннями вітрового навантаження.

Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження, γ_m , визначається залежно від заданого середнього періоду повторюваності, T , за табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Значення коефіцієнту надійності за граничними розрахунковими значеннями вітрового навантаження γ_m

| T , років | 5 | 10 | 15 | 25 | 40 | 50 | 70 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| γ_m | 0,55 | 0,69 | 0,77 | 0,87 | 0,96 | 1,00 | 1,07 | 1,14 | 1,22 | 1,28 | 1,35 | 1,45 |

Проміжні значення коефіцієнта γ_m слід визначати лінійною інтерполяцією. Для об'єктів масового будівництва допускається середній період повторюваності T приймати таким, що дорівнює встановленому терміну експлуатації конструкції, T_{ef} .

Для об'єктів, що мають підвищений рівень відповідальності, відмови яких можуть привести до тяжких економічних, соціальних і екологічних наслідків (резервуари для нафти місткістю 10000 м³ і більше, магістральні трубопроводи, споруди зв'язку висотою більше 100 м, унікальні будівлі тощо), для яких технічним завданням встановлена імовірність, P , не перевищенням (забезпеченістю) граничного розрахункового значення вітрового навантаження протягом встановленого терміну служби, середній період повторюваності граничного розрахункового значення вітрового навантаження обчислюється за формулою:

$$T = T_{ef} \cdot K_p \quad (2.8)$$

де K_p – коефіцієнт, який визначається за табл. 2.4 залежно від імовірності P .

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнту K_p у залежності від імовірності P забезпеченості вітрового навантаження

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| P | 0,37 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 0,99 |
| K_p | 1,00 | 1,44 | 1,95 | 4,48 | 6,15 | 9,50 | 19,50 | 99,50 |

Проміжні значення коефіцієнта K_p слід визначати лінійною інтерполяцією;

W_0 – характеристичне значення вітрового тиску, яке визначається залежно від вітрового району за даними таблиці додатку 2.4;

C – коефіцієнт, який враховує аеродинамічні характеристики форми споруди та її висоту, географічну висоту розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря, рельєф місцевості, напрям вітру, його динамічні властивості та визначається за [14].

Кліматичне районування за значеннями ваги снігового покриву виконується для врахування додаткових зусиль, що з'являються в конструкціях будівель і споруд від снігових навантажень на покриттях.

Величина снігового навантаження на горизонтальну поверхню, S_0 , Па, розраховується, як функція двох метеорологічних величин – висоти снігового покриву та його густини за формулою:

$$S_0 = \rho_0 \cdot g \cdot H, \quad (2.9)$$

де ρ_0 – середня густина снігового покриву, кг/м^3 ;

$g = 9,81$ – прискорення вільного падіння, м/сек ;

H – середня із щорічних максимальних висот снігового покриву на захищених від вітру ділянках, м.

Територія України за *характеристичними значеннями ваги снігового покриву* розділена на *шість снігових районів* [14]. Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву наведена на рис. 2.15. Вага снігового покриву на один квадратний метр поверхні ґрунту дорівнює для різних районів України: 1 – 800 Па, 2 – 1000 Па, 3 – 1200 Па, 4 – 1400 Па, 5 – 1600 Па, 6 – 1800 Па. Характеристичні значення снігових навантажень для міст України S_0 , наведені у таблиці додатку 2.4.

Снігове навантаження є *змінним*, для нього встановлено три розрахункові значення: граничне, експлуатаційне та квазіпостійне.

При визначенні розрахункових значень снігових навантажень враховують коефіцієнти [14]:

- надійності за граничним або експлуатаційним значенням снігового навантаження;
- переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю, який залежить від форми покрівлі та схеми розподілу навантажень;
- впливу особливостей режиму експлуатації на накопичення снігу на покрівлі (очищення, танення тощо);
- впливу географічної висоти розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря.

Територія України за *характеристичними значеннями товщини стінки ожеледиці* розділена на *шість районів* із товщиною стінки в діапазоні від 12 мм для 1 району до 34 мм для 6 району (рис. 2.16). Для гірських районів Карпат і Криму дані про товщину стінки ожеледиці та про вітровий тиск при ожеледиці необхідно приймати на основі спеціальних метеорологічних спостережень. Характеристичні значення товщини стінки ожеледі, B , та вітрового навантаження при ожеледі, W_0 , для міст України наведені у таблиці додатку 2.4.

Кліматичне районування за ожеледно-вітровими навантаженнями має важливе значення при проєктуванні повітряних ліній зв'язку, контактних мереж електрифікованого транспорту, антенно-щоглових пристроїв та інших подібних споруд [14].

За характеристичними значеннями вітрового тиску при ожеледні територія України розділена на *шість районів* із величиною вітрового тиску на відкритій ожеледдю елементи на висоті 10 м у діапазоні від 150 Па – для 1 району до 400 Па – для 6 району (рис. 2.17).

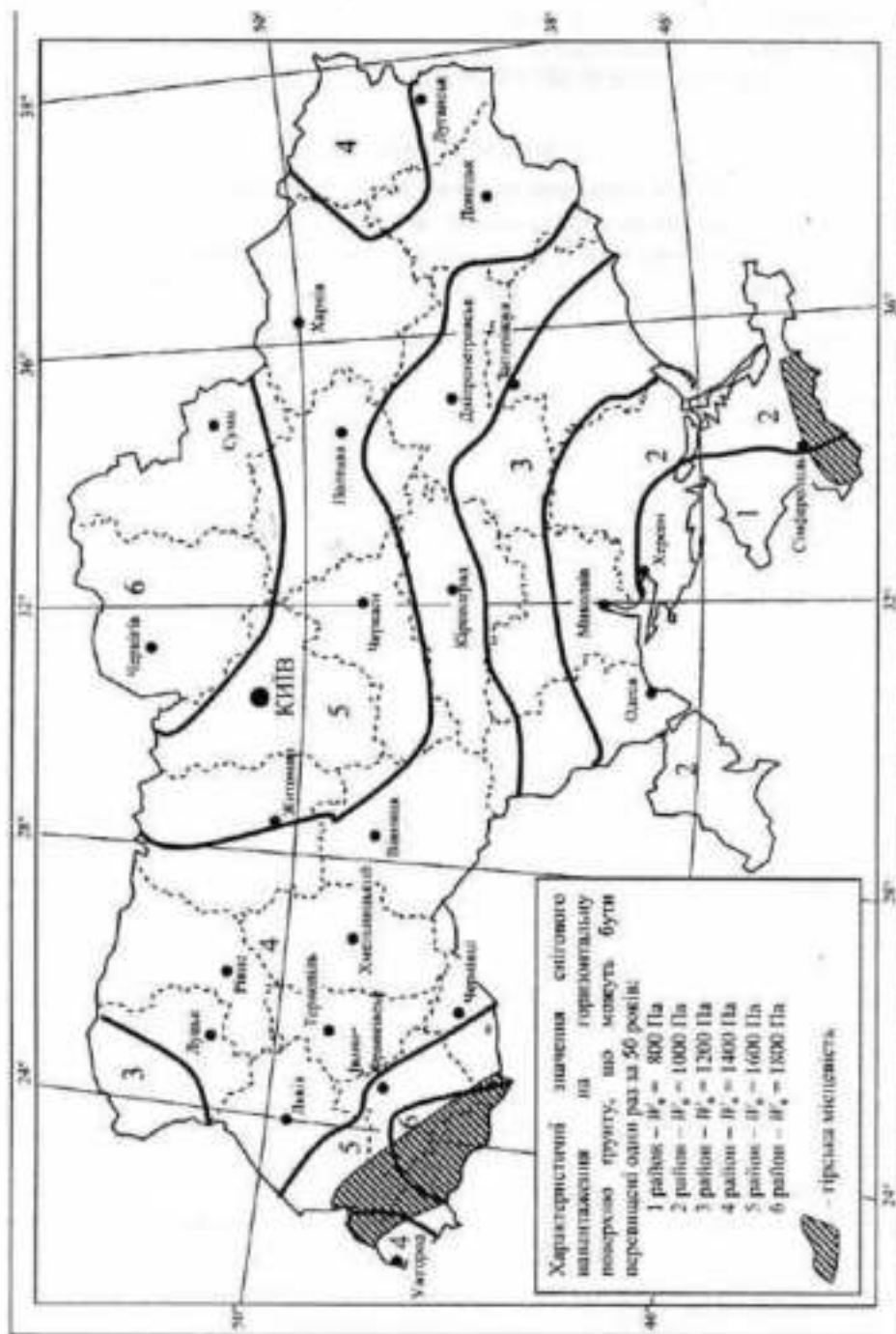


Рис. 2.15. Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву [14, 40]

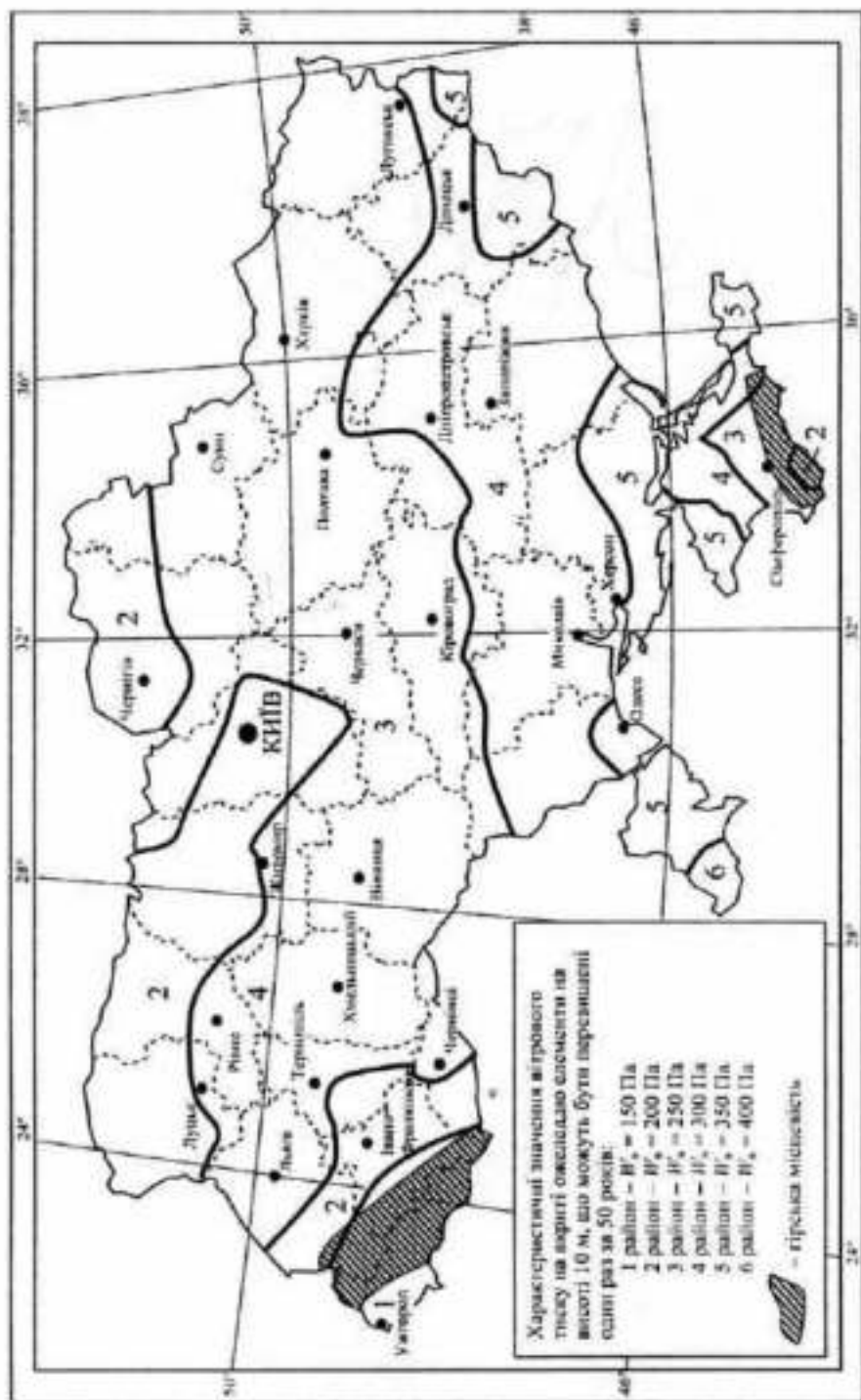


Рис. 2.17. Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску при ожеледній [14, 40]

Ожеледно-вітрові навантаження слід враховувати як сукупність ваги ожеледних відкладень і нормального тиску вітру на елементи, покриті ожеледдю.

Ожеледно-вітрові навантаження є *епізодичними*, для кожної складової яких (ожеледних відкладень і вітру) встановлено граничні розрахункові значення.

При визначенні граничних розрахункових значень ваги ожеледних відкладень і вітру враховують:

- коефіцієнти надійності за граничним значенням залежно від заданого середнього періоду повторюваності;
- характеристичні значення лінійного розподіленого по довжині ожеледного навантаження для елементів кругового перерізу діаметром до 70 мм включно, або поверхневого ожеледного навантаження;
- характеристичні значення нормального тиску вітру на відкриті ожеледдю елементи на висоті 10 м над поверхнею землі.

Наведені карти кліматичного районування території України для цілей будівництва та архітектури є основою, на базі якої розробляються Державні будівельні норми України.

2.1.4. Мікроклімат приміщень будівель

Мікроклімат приміщень будівель характеризується комплексом фізичних факторів середовища, що впливає на тепловий обмін і фізичний стан організму людини та умови експлуатації конструкцій будівель. Показниками мікроклімату приміщень є: температура повітря в приміщеннях і на поверхнях огорожувальних конструкцій, швидкість руху повітря, його вологість і гігієнічний стан, наявність або відсутність агресивних впливів на огороження, а також інсоляційний, світловий та шумовий режими. Наявність агресивних впливів пов'язана не тільки з присутністю хімічних речовин, але й з температурним і вологісним станом повітряного середовища та його змінами. Важливими факторами, що впливають на стан людей, які перебувають у приміщеннях, а також на умови експлуатації огорожувальних конструкцій є максимальні та мінімальні значення температури і вологості, їх коливання та зміни, пов'язані з періодами року або особливостями функціональних процесів.

Основними принципами гігієнічного нормування оптимальних і допустимих параметрів мікроклімату в приміщеннях житлових і громадських будівель є:

- облік добових і сезонних ритмів коливань фізіологічних функцій людини, а також її акліматизація до кліматичних особливостей;
- диференціація за віковими групами населення;
- врахування рівня енерговитрат (активності) та рівня теплозахисних властивостей одягу відповідних груп населення.

При проектуванні будь-якої будівлі необхідно створювати оптимально-комфортне штучне середовище мікроклімату, для здійснення функціональних процесів, що відбуваються в ній за призначенням.

Ступінь комфорту у приміщенні визначається повітряно-тепловим, світловим, колірним і шумовим режимами, а також факторами об'ємно-планувальних рішень і зв'язком із навколишнім середовищем.

Повітряне середовище приміщень будівель повинне відповідати гігієнічним вимогам до її основних параметрів за температурою, вологістю та швидкістю руху повітря. Оптимальні розміри цих параметрів визначаються їх впливом на організм людини і залежать від природно-кліматичних умов району будівництва і періоду року. Оптимальна температура повітря в приміщеннях будівель, які опалюються, на території України коливається: від 20 до 21°C зимою, від 20 до 22°C – весною і восени та від 22 до 25°C – влітку. Важливе значення в гігієнічному відношенні має величина перепаду температури повітря за висотою приміщення, яка не повинна перевищувати 2°C. Підвищення вертикального перепаду більше, ніж на 3°C призводить до охолодження кінцівок людини і рефлекторних змін температури верхніх дихальних шляхів. У приміщеннях, які опалюються, рекомендується підтримувати відносну вологість повітря не нижче 30%, інакше починає пересихати слизова оболонка дихальних шляхів. Крім того, з'являється небезпека появи статичного заряду електрики на поверхні синтетичних покриттів.

За рекомендаціями Київського НДІ загальної та комунальної гігієни у районах з помірним кліматом (II і III кліматичні райони) температура в житлових приміщеннях взимку повинна бути 18...20°C, на півночі (I кліматичний район) – 21...22°C, у південних районах (IV кліматичний район) – 17...19°C. Влітку в районах із помірним кліматом для житлових приміщень найкраща температура 23...24°C, а на півдні – 25...26°C. Допустимі значення параметрів мікроклімату приміщень житлових будівель для кліматичних районів колишнього СРСР наведені у таблиці 2.5 [37, 40].

Таблиця 2.5

Допустимі значення параметрів мікроклімату приміщень житлових будинків

| Параметр | Кліматичний район і періоду року | | | | | | | |
|--|----------------------------------|----|-----|----|------------|----|------------|----|
| | Холодний | | | | Теплий | | | |
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| Температура внутрішнього повітря, °C | 18...22 | | | | 20...28 | | | |
| Відносна вологість повітря, % | 50...60 | | | | 55...65 | | | |
| Швидкість руху повітря, м/с | 0,08...0,1 | | | | 0,08...0,1 | | 0,1...0,15 | |
| Середня температура внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій, °C | 21 | 18 | 18 | 17 | 26 | 27 | 28 | 30 |

Температура внутрішніх поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель, де наявні теплопровідні включення (діафрагми, пілони, колони, перемички, наскрізні включення бетону або залізобетону, стики між панелями, жорсткі або гнучкі зв'язки багатошарових стін тощо), в кутах і біля віконних відкосів не повинна бути нижче температури точки роси повітря всередині будівлі t_p (табл. 2.6).

Температура точки роси повітря всередині будівлі для холодного періоду року при вологості повітря 50%

| № п/п | Тип будівлі | Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{вн}$, °С | Температура точки роси $t_{р}$, °С |
|-------|--|---|-------------------------------------|
| 1 | Будівлі дитячих дошкільних закладів | 22 | 11,2 |
| 2 | Будівлі лікувальні та дитячі навчальні | 21 | 10,2 |
| 3 | Інші житлові та нежитлові будівлі | 20 | 9,3 |

Радіаційний режим у приміщеннях – це тепловий обмін випромінюванням між людиною та оточуючими її огорожувальними конструкціями (стінами, вікнами, підлогою, стелею тощо), тому температура огорожувальних конструкцій також нормується у межах 15...28°С. Дискомфортний стан людини відчуває при перегріванні або при замерзанні. В першому випадку вона не встигає віддати нагромаджене в ній тепло, а в другому – не встигає компенсувати тепло, яке віддає в зовнішнє середовище.

Мікроклімат у приміщеннях створюється двома шляхами:

– засобами архітектурно-планувального та будівельного проектування, а саме правильним вибором ділянки забудови, правильною орієнтацією будівель та вікон приміщень за сторонами світу, раціональними об'ємно-планувальними та конструктивними рішеннями, забезпеченням провітрювання та ізоляції приміщень, озелененням та обводненням оточуючої території тощо;

– використанням штучних засобів, а саме, опаленням, примусовою вентиляцією та її автоматичним регулюванням, кондиціонуванням повітря тощо.

Між приміщеннями будівель і зовнішнім середовищем відбувається безперервний тепло-, повітро- та вологообмін. Мікроклімат у приміщеннях формується під впливом зовнішнього клімату, технологічних і функціональних процесів, які здійснюються в приміщеннях, роботи інженерних засобів регулювання мікроклімату, а також кліматоперетворюючих властивостей будівлі. На кліматоперетворюючі якості будівель впливають сукупність їх планувальних рішень, теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій та інженерне обладнання – опалення, вентиляція, штучне охолодження тощо. Між приміщенням і зовнішнім середовищем відбувається безперервний тепло-, повітро- і вологообмін [36]. Схема взаємодії клімату та мікроклімату приміщень будівель наведена на рис. 2.18.

Найбільш суттєвий вплив на створення та регулювання оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях здійснюють огорожувальні конструкції будівель. Саме вони повинні захищати приміщення від несприятливих умов клімату та бути відкритими для сприятливих умов. Для цього при проектуванні будівель виконуються теплотехнічні, ізоляційні, світлотехнічні та акустичні фізико-технічні розрахунки огорожувальних конструкцій.

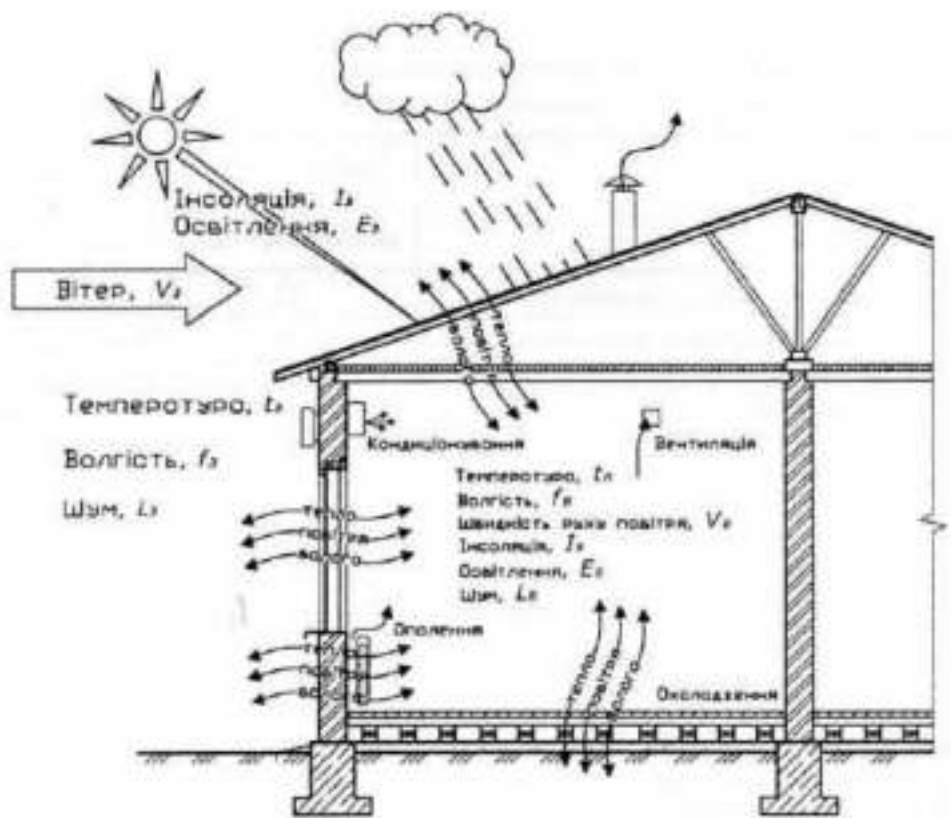


Рис. 2.18. Схема взаємодії клімату та мікроклімату приміщення

Питання регулювання клімату і формування мікроклімату передбачено ДБН [9]. Таке регулювання рекомендовано проводити за трьома напрямками:

1. Забезпечення сприятливих умов території забудови за комплексом кліматичних чинників, а саме температури зовнішнього повітря, режиму вітру та сонячної радіації.
2. Забезпечення достатньої інсоляції території та приміщень будівель.
3. Забезпечення мінімізації теплових витрат на опалення будівель і формування раціонального теплового режиму в забудові.

2.2. Теплова ізоляція будівель

2.2.1. Енергозбереження в будівництві

На потреби опалювання будівель у колишньому Радянському Союзі витрачалось близько третини від усього палива, що добувалось у країні. Незважаючи на це, основна увага приділялась собівартості будівництва, тобто мінімізації капітальних

витрат, а експлуатаційні витрати на опалення будівель враховувались в останню чергу. Нормативна база проектування теплової ізоляції будівель у колишньому Радянському Союзі вперше була встановлена у 1921 році, а до початку 90-х років зазнала до десяти редакцій.

У 1992 році Україна набула статусу незалежності та перейшла до ринкової економіки. Відсутність у необхідній кількості власних енергоносіїв обумовила актуальність прийняття у 1993 р. Закону України «Про енергозбереження», який визначив стратегію технічного розвитку країни. Наказом Держбуду України №247 від 27.12.1993 р. були підвищені нормативні вимоги до теплоізоляції огорожувальних конструкцій. СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника», який діяв на той час в Україні, встановлював методика визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря і конструктивного рішення огороження. Ця методика не зовсім відповідала кліматичним вимогам України, територія якої знаходиться в фізико-географічних підрайонах Пв, ШБ, Шв і IVв із ознаками континентальності (рис. 2.9 і 2.10). Тому Наказом Держбуду України №117 від 27.06.1996 р. були введені зміни до СНиП II-3-79**, які вводили цифрові значення нормативного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель. Вперше було введено поняття градусо-добі опалювального періоду, за показником якого здійснено районування України на чотири температурні зони (рис. 2.11). Залежно від температурної зони були встановлені нормативні значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції. Недосконалість цих нормативів полягала в тому, що параметрами оптимізації були також види матеріалів огорожувальних конструкцій. Наприклад, для вікон із рамами з ПВХ або дерева нормативний опір теплопередачі становив $0,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$, а для вікон із алюмінієвими рамами – $0,45 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$.

Підвищення енергоефективності будівель в останнє десятиріччя стало одним із основних напрямків розвитку будівельної індустрії. За кордоном початок розробок покращення теплозахисту будівель стало наслідком енергетичної кризи 70-х років. Починаючи з 1976 року більшість європейських країн збільшили в 2...3,5 рази вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівель із метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень та довговічності огорожувальних конструкцій під час їх експлуатації. Теплоізоляція будівель переслідує декілька практичних цілей: економію паливних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат, підвищення рівня комфорту в приміщеннях у результаті використання багатопарових зовнішніх огорожувальних конструкцій з високим опором теплопередачі та звукоізоляцією.

До концепції енергозберігаючої будівлі входить не лише ізоляція огорожувальних конструкцій за допомогою теплоізолювальних матеріалів, але і об'ємно-планувальні рішення, що обумовлюють ступінь використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будівлі, специфічні інженерні рішення системи вентиляції та теплопостачання. Енергоефективність будівлі визначається сукупністю багатьох факторів, а тому звести теплові витрати в будівлях до мінімуму можна лише при комплексному підході до енергозбереження.

Досвід будівництва та експлуатації будівель із ефективним використанням енергії в світі вказує на необхідність введення двох понять: енергоефективних і енергоекономічних будівель. *Енергоефективна будівля* включає в себе сукупність архітектурних, конструктивних та інженерних рішень, які одночасно не тільки знижують енергоспоживання, але і сприяють підвищенню якості мікроклімату в приміщеннях будівель. *Енергоекономічна будівля* включає в себе окремі рішення або систему рішень, направлених на зниження витрат енергії для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівлі.

При проєктуванні *енергоефективних будівель* необхідно комплексно вирішувати задачі: теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату, теплоаккумуляційних характеристик оболонки та теплоенергетичного балансу приміщень.

Теплоенергетичний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі можна оптимізувати за рахунок вибору форми та розмірів будівлі, орієнтації за сторонами світу по відношенню до впливу сонця та вітру, призначення розмірів світлових прорізів, їх заповнення та розташування, регулювання фільтраційних потоків тощо.

Оптимізація теплозахисту зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі – це метод розрахунку товщини теплоізоляції конструкцій «за мінімізацією приведених енерговитрат», який включає: одночасні витрати на виробництво конструкцій, технологію зведення будівлі та експлуатаційні витрати на їх використання. До зовнішніх огорожувальних конструкцій висувається велика кількість вимог, а саме: високий рівень теплозахисту в холодний період року, високий рівень теплостійкості в теплий і холодний періоди, низька енергоємність матеріалів внутрішніх шарів при коливаннях теплового потоку всередині приміщень, висока ступінь повітронепроникності, низька вологоємність тощо.

Утепленням лише огорожувальних конструкцій неможливо добитись значного зменшення тепловитрат, тому що значна їх частка приходить на так звані «містки холоду», тобто ділянки інтенсивного теплообміну з навколишнім середовищем. Такі ділянки найчастіше утворюються в місцях контакту конструкцій перекриття з несучими стінами, в місцях примикання зовнішніх та внутрішніх стін, у місцях розташування перемичок над прорізами, а також при зволоженні та просіданні неякісного теплоізоляційного матеріалу, розміщеного всередині багат шарових огорожувальних конструкцій.

Тому сучасні системи утеплення передбачають створення комплексних захисних оболонок навколо конструкцій будівель. Такі оболонки включають в себе утеплення контактуючих із ґрунтом конструкцій фундаменту в сполученні з утепленням покриттів, а також влаштування вентильованих фасадів, які пересувають зону плюсових температур по товщині несучих конструкцій ближче до зовнішнього боку. Цей комплекс заходів виключає появу «містків холоду», збільшує тепловий опір огорожувальних конструкцій і запобігає утворенню конденсату, який погано впливає на теплоізоляційні та інші експлуатаційні характеристики конструкцій.

Велика увага приділяється проєктуванню світлопрозорих огорожувальних конструкцій, через які відбуваються значні тепловитрати. Для збільшення загального опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій необхідно передбачати наступні заходи [44]:

1. Надійно герметизувати всі стики та притвори як у самому вікні, так і між конструкцією вікна та стіни.
2. Використовувати багатокамерні склопакети.
3. Для зменшення втрат тепла випромінюванням використовувати скло із низькоемісійним покриттям із коефіцієнтом випромінювання $\varepsilon = 0,1 \dots 0,2$.
4. Використовувати вакуумні склопакети або заповнювати міжскляний простір у склопакетах аргоном, криптоном або аерогелем.
5. Використовувати дистанційні рамки віконних заповнень із покращеними теплозахисними показниками.
6. Для виготовлення віконних рам використовувати: у вікнах із ПВХ багатокамерні профілі, а у вікнах із алюмінієвими профілями – термовставки.
7. Додатково утеплювати віконні рами пінополіуретаном шляхом заповнення ним камер профілів або влаштуванням додаткових камер.

Термомодернізація – це комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та забезпечення їх відповідності чинним нормам.

Теплозахист будівлі – це властивість будівлі чинити опір переносу теплоти між приміщеннями і зовнішнім середовищем, а також між приміщеннями з різною температурою повітря.

Теплоізоляційна оболонка будівлі – це система огорожувальних конструкцій будівлі, що забезпечує збереження теплоти для опалення приміщень.

Задачі оптимізації теплоенергетичного навантаження на систему забезпечення теплового режиму будівлі вирішують спеціалісти по проектуванню систем опалення вентиляції та кондиціонування. Ці задачі складаються із визначення кількості енергії та способів її розподілу, тобто розрахунків і проектування систем управління витратами та розподілу енергії на обігрів приміщень будівлі, які забезпечать її мінімальні витрати. Науково-експериментальні дослідження [53, 55] стверджують, що час розігрівання приміщень будівель повинен бути мінімізованим. Термін розігрівання приміщень буде зменшуватися, при високій інтенсивності конвективного теплообміну між внутрішнім повітрям і внутрішніми поверхнями огорожувальних конструкцій, а також якщо внутрішні поверхні огорожувальних конструкцій мають низькі значення коефіцієнту теплосвоясності матеріалів. Таким чином, економії енергії при розігріванні приміщень можна досягти двома шляхами: за рахунок збільшення конвективного теплообміну і за рахунок зменшення теплоакумуючих показників огорожувальних конструкцій.

У світовій практиці визначення необхідного рівня теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій виконується за двома принципами: *регламентному* і *функціональному* [55]. Основою регламентного принципу є нормування показників теплоізоляції кожного елемента огорожувальної оболонки будівель. Регламентний принцип забезпечує вимоги санітарної гігієни та оптимізації теплоізоляційних показників огорожувальних конструкцій будівель. Основою функціонального принципу є загальна енергетична характеристик будівлі – допустимі витрати теплової енергії на її опалення. Функціональний принцип обмеження енерговитрат при експлуатації будівель реалізується в європейських країнах вже більше 10 років і забезпечує досягнення значних показників енергозбереження.

З 1 квітня 2007 року в Україні введені в дію нові будівельні норми ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [15], в яких закладені регламентні та функціональні принципи визначення необхідного рівня теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель для забезпечення зменшення витрат теплової енергії на їх опалення. За узгодженням із замовником дозволяється проектувати більш високий рівень теплозахисту будівель, ніж вимагають існуючі в Україні норми.

Положення [15] мають використовуватися при проектуванні всіх будівель і споруд, що опалюються, при їх новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті (термомодернізації), при складанні енергетичних паспортів будівель, при визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів на їх опалення розрахунково-аналітичним методом і проведенні енергетичного обстеження будівель.

Державні будівельні норми передбачають введення нових показників енергетичної ефективності будівель – приведених витрат на опалення, тепlopостачання та орієнтацію будівель, встановлює їх класифікацію за показниками енергетичної ефективності.

У будівельних нормах ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» установлені вимоги до:

- приведеного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель;
- обмеження температури і недопущення конденсації вологи на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій;
- питомого показника витрат теплової енергії на опалення будівлі;
- теплостійкості огорожувальних конструкцій у теплий період року і приміщень будівель у холодний період року;
- повітропроникності огорожувальних конструкцій;
- захисту від надмірного зволоження огорожувальних конструкцій;
- теплостійкості поверхонь підлог;
- класифікації будівель за енергетичною ефективністю.

Розрахункова величина витрат енергії на опалення будівлі може бути знизена у результаті використання архітектурних, будівельних та інженерних рішень за рахунок:

- об'ємно-планувальних рішень, які забезпечують використання правильної орієнтації будівель за сторонами світу та раціональної їх конфігурації, зменшення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, зменшення кількості зовнішніх кутів;
- зменшення площі світлових прорізів до мінімально необхідної за вимогами природної освітленості, а також підвищення ступеню ущільнення стиків віконних рам із стінами і стулок елементів зовнішніх огорожень, що відкриваються;
- використання ефективних теплоізоляційних матеріалів і раціонального їх розташування в огорожувальних конструкціях, які забезпечують їх більш високу теплотехнічну однорідність та експлуатаційну надійність;
- підвищення ефективності авторегулювання систем забезпечення комфортного мікроклімату та раціональне використання ефективних видів пристроїв опалення.

При проектуванні теплового захисту будівель послідовно вирішуються наступні задачі:

1. Визначення параметрів зовнішніх кліматичних умов, вологісного режиму приміщень будівель і параметрів внутрішнього середовища.
2. Вибору класу енергетичної ефективності будівель (С, В або А).
3. Визначення рівня теплового захисту приміщень за нормуванням питомих витрат теплової енергії на опалення будівель.
4. Проектування огорожувальних конструкцій за нормованим значенням опору теплопередачі.
5. Вибору світлопрозорих огорожувальних конструкцій за вимогами опору теплопередачі та повітропроникності.
6. Визначення параметрів, у необхідних випадках, теплостійкості огорожувальних конструкцій шлітку і теплостійкості приміщень у холодний період року.
7. Проектування конструкцій підлог за нормованим значенням теплотасвоєння.
8. Складання енергетичного паспорту для підтвердження енергетичної ефективності будівель.

2.2.2. Задачі та методи будівельної теплофізики

Основна задача будівельної теплофізики – це обґрунтування найбільш доцільних при експлуатації рішень будівель та їх огорожувальних конструкцій, які задовольняють вимогам забезпечення в приміщеннях сприятливого мікроклімату для діяльності або відпочинку людини.

Методи будівельної теплофізики ґрунтуються на загальній теорії теплообмінних і масообмінних процесів у матеріальних системах. У термодинамічному відношенні огорожувальні конструкції будівель – це відкриті системи, які обмінюються із навколишнім середовищем енергією (теплообмін) і речовинами (волого- та повітрообмін).

Теплофізичні методи мають широке використання, але для спрощення розрахункових операцій використовують розрахункові методи для усталених процесів тепло- та масообміну, які не змінюються у часі.

Природні умови обміну енергією та речовинами найчастіше не мають усталеного характеру, а пов'язані з періодичними змінами температури та інших параметрів повітряного середовища. А тому при розгляді неусталених процесів, до яких відносяться поступове охолодження, нагрівання, зволоження, руйнування, доцільно ввести поняття про гранично допустимі стани цих процесів, які суттєво впливають на експлуатаційні якості розрахункової конструкції.

В основу розрахунків будівельної теплотехніки покладені методи розрахунку за граничними станами опору теплопередачі, паропроникності, теплостійкості та повітропроникності огорожувальних конструкцій [48]. Це означає, що необхідно розробити одно- або багатопарову огорожувальну конструкцію, розрахувати її опір теплопередачі, опір паропроникності, величину амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні та опір повітропроникності, а потім порівняти ці величини з відповідними мінімально або максимально допустимими. У випадках невиконання вимог скорегувати конструктивне рішення огорожувальної конструкції.

Основним фактором, який визначає втрати тепла в приміщеннях будівель, а відповідно до цього збільшує споживання енергії на їх опалення, є опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій – стін, покриттів, перекриттів, вікон, балконних і вхідних дверей.

У найпростішому випадку огорожувальна конструкція будівлі за своєю розрахунковою схемою є плоскою конструкцією, обмеженою паралельними поверхнями, яка розділяє повітряні середовища з різними температурами.

Багатошарова огорожувальна конструкція – це конструкція, що складається за своїм перерізом із шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються один від одного не менше ніж на 20%.

Термічно однорідна огорожувальна конструкція – це одношарова чи багатошарова огорожувальна конструкція, що немає у своєму об'ємі теплопровідних включень.

Теплопровідне включення – це елемент огорожувальної конструкції, розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір, менший від термічного опору основного поля більше ніж на 20%.

Термічна неоднорідність – це наявність зон загальною площею більше ніж 2% від внутрішньої поверхні конструкції з температурами, відмінними від середньозваженої температури основного поля більше ніж на 2°C.

Термічно неоднорідна огорожувальна конструкція – це огорожувальна конструкція окремого приміщення, що має у своєму об'ємі теплопровідні включення.

Непрозорі конструкції – це ділянки теплоізоляційної оболонки будівлі (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, які не пропускають видиме світло.

Світлопрозорі конструкції – це ділянки теплоізоляційної оболонки будівлі (вікна, балконні та вхідні двері, вітражі, фасадні системи, ліхтарі тощо), які пропускають видиме світло.

Розповсюдження тепла в матеріальних середовищах або в конструкціях будівель завжди зв'язано з різним тепловим станом окремих зон або ділянок простору, наприклад тепле повітря в приміщенні, що опалюється, і холодне назовні. Процеси теплопередачі, що відбуваються, призводять до постійного або змінного у часі розподілу температур у матеріальних середовищах або конструкціях. **Однотимчасний розподіл температур** у матеріальній системі, що розглядається, називається **температурним полем**.

Різницею потенціалів переносу тепла в матеріальному середовищі є різниця температур в окремих зонах, розрізах або точках цього середовища.

Тепло розповсюджується від більш високої температури до більш низької. Поширення теплових потоків відбувається трьома шляхами: **теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням**.

Теплопровідністю називають теплообмін між частинками або елементами структури матеріального середовища, що дотикаються один до одного. Передача тепла в огорожувальних конструкціях, які виконані з твердих матеріалів, від більш теплої поверхні конструкції до більш холодної відбувається, головним чином, шляхом теплопровідності.

Теплопровідність – це здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях, яка характеризується коефіцієнтом теплопровідності [34].

Через плоску і достатньо протяжну огорожувальну конструкцію потік тепла проходить перпендикулярно до її поверхні. При сталому тепловому потоці, який виникає при постійних значеннях температур повітря, прилеглих до теплої та холодної поверхонь огорожувальної конструкції, тепловий потік, переданий теплопровідністю, визначається за формулою:

$$q = \Delta t \cdot \frac{\lambda}{\delta}, \quad (2.10)$$

де Δt – різниця температур між теплою та холодною поверхнями конструкції, К;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К);

δ – товщина огорожувальної конструкції, м.

Конвекція – це переміщення макроскопічних частинок середовища, що приводить до переносу теплоти, маси або інших фізичних речовин.

Розповсюдження тепла конвекцією відбувається, наприклад, у приміщеннях, які опалюються, в конструкціях із повітряними прошарками, в яких виникають потоки повітря під впливом нерівномірного нагрівання окремих ділянок і поверхонь.

Тепловий потік, що передається конвекцією, є функцією різниці температур Δt та швидкості потоку повітря v :

$$q = f(\Delta t, v).$$

Випромінювання – це теплообмін, який відбувається між поверхнями твердих тіл, які по різному нагріті та розділені прозорим для променів середовищем, наприклад, повітрям.

Тепловий потік, переданий випромінюванням, розраховується за формулою:

$$q = \alpha_0 \cdot \Delta t, \quad (2.12)$$

де α_0 – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням, Вт/(м²·°С);

Δt – різниця температур поверхонь, що беруть участь у взаємному опромінюванні, °С.

Випромінювання є переважачим видом загального переносу тепла при дії сонячної радіації, а також під час процесів теплообміну в металургійних і диварних цехах, де відбувається плавка металу та остидження розжарених виробів [29].

Процеси передачі тепла в будівлях та їх огорожувальних конструкціях пов'язані з усіма трьома видами теплообміну. Але в твердих матеріалах конструкції основним видом передачі тепла є теплопровідність, тоді як у повітряному середовищі біля поверхонь конструкцій, а також в повітряних прошарках і пустотах переважає теплообмін конвекцією та випромінюванням. **Теплопередачею** називається процес перенесення тепла, який включає всі види теплообміну, із одного більш нагрітого середовища до другого більш охолодженого через огорожувальну конструкцію, що розділяє ці середовища. Процес теплообміну між поверхнею огоро-

джувальної конструкції та прилеглого до неї нагрітого або охолодженого повітряного середовища називають тепловіддачею.

Теплотехнічні показники матеріалів огорожувальних конструкцій – це фізичні характеристики матеріалів, які характеризують інтенсивність тепломасообмінних процесів у матеріалах.

Якщо товщину огорожувальної конструкції, її площу, час теплопередачі та різницю температур у формулі (2.10) прийняти рівними одиниці, тоді $\lambda = Q$.

Коефіцієнт теплопровідності – це коефіцієнт, що визначає кількість теплоти, що проходить через зразок матеріалу завтовшки 1 м, площею 1 м² за 1 секунду при різниці температур на протилежних сторонах зразка в 1 градус та визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{(t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau} \quad (2.13)$$

Коефіцієнт теплопровідності – це одна з основних теплофізичних характеристик будівельних матеріалів. Його значення залежить від ступеня пористості та характеру пор, структури, вологості, температури, а також від виду матеріалу.

Найбільше на теплопровідність матеріалу впливає пористість. Чим менша середня густина матеріалу, тим більше у ньому пор, наповнених повітрям. З усіх природних і штучних речовин повітря має найменшу теплопровідність, його коефіцієнт теплопровідності 0,023 Вт/(м·К). Саме тому теплопровідність сухих легких пористих матеріалів невелика і має проміжне значення між теплопровідністю твердої речовини та повітрям.

Коефіцієнт теплопередачі матеріалу залежить не лише від кількості, а й від розміру та форми пор. Будівельні матеріали з дрібними і закритими порами мають більший коефіцієнт теплопередачі, ніж матеріали з великими та сполученими порами, в яких виникає рух повітря, що супроводжується перенесенням теплоти – конвекція.

Необхідно враховувати, що волокнисті матеріали одного походження, але різного структурного стану можуть мати різну теплопровідність у різних напрямках. Наприклад, для сухої соснової деревини: $\lambda = 0,17$ Вт/(м·К), якщо тепловий потік спрямований вздовж волокон, і $\lambda = 0,34$ Вт/(м·К) – якщо впоперек.

Теплопровідність кристалічних речовин вища, ніж аморфних. Наприклад, для таких щільних матеріалів, як граніт і скло з середньою густиною 2700 кг/м³ вона має величини: для кристалічного граніту $\lambda = 2,8$ Вт/(м·К), для аморфного скла $\lambda = 0,8$ Вт/(м·К).

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

Теплопровідність будівельних матеріалів визначають у лабораторіях за допомогою спеціальних приладів і установок.

Зміна вологості будівельних матеріалів істотно позначається на їхній теплопровідності. Це пояснюється тим, що теплопровідність води $\lambda = 0,58$ Вт/(м·К), тобто у 25 разів більше, ніж для повітря, а тому пори, заповнені водою, легше пропускають тепловий потік і теплопровідність водонасичених матеріалів підвищується. Теплопровідність матеріалів насичених водою та заморожених ще вища, оскільки теплопровідність льоду $\lambda = 2,3$ Вт/(м·К), що приблизно в чотири рази більше, ніж

води. Саме від ступеня зволоження залежать значення розрахункової теплопровідності матеріалів, з яких складається конструкція. У свою чергу, ступінь зволоження конструкції залежить від вологісного режиму приміщення, яке вона огороджує.

Розрізняють умови експлуатації огорожувальних конструкцій «А» для приміщень із сухим тепловологісним режимом приміщень і «Б» для приміщень із нормальним, вологим і мокрим режимами приміщень будівель (табл. 2.7 і 2.9).

Для приміщень із нормальним тепловологісним режимом експлуатації (житлові, громадські та адміністративні, лікувальні, дитячі навчальні та дошкільні заклади) розрахунковий вміст вологи у матеріалах відповідає умовам експлуатації «Б» (табл. 2.8 і 2.9).

Таблиця 2.7

Тепловологісний режим приміщень будівель [15]

| Вологісний режим | Вологість внутрішнього повітря φ_a , %, при температурі t_a | | |
|------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|
| | $t_a \leq 12^\circ\text{C}$ | $12 < t_a \leq 24^\circ\text{C}$ | $t_a > 24^\circ\text{C}$ |
| Сухий | $\varphi_a < 60$ | $\varphi_a < 50$ | $\varphi_a < 40$ |
| Нормальний | $60 \leq \varphi_a \leq 75$ | $50 \leq \varphi_a \leq 60$ | $40 \leq \varphi_a \leq 50$ |
| Вологий | $75 < \varphi_a$ | $60 < \varphi_a \leq 75$ | $50 < \varphi_a \leq 60$ |
| Мокрий | – | $75 < \varphi_a$ | $60 < \varphi_a$ |

Таблиця 2.8

Розрахункові значення температури та вологості повітря приміщень [15]

| Призначення будівель | Розрахункова температура внутрішнього повітря t_a , $^\circ\text{C}$ | Розрахункове значення відносної вологості φ_a , % |
|--|--|---|
| Житлові | 20 | 55 |
| Громадські та адміністративні | 20 | 50...60 |
| Лікувальні та дитячі навчальні заклади | 21 | 50 |
| Дошкільні дитячі заклади | 22 | 50 |

Таблиця 2.9

Вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях [15]

| Вологісний режим приміщень | Умови експлуатації |
|----------------------------|--------------------|
| Сухий | А |
| Нормальний | Б |
| Вологий | Б |
| Мокрий | Б |

Таким чином коефіцієнт теплопровідності – це один із найважливіших показників, що характеризує теплозахисні властивості будівельних матеріалів, за яких

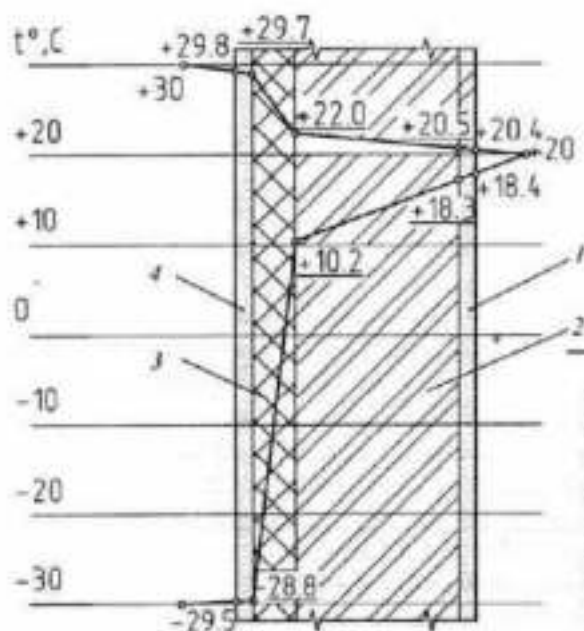
визначають їх належність до групи *теплоізоляційних, конструкційно-теплоізоляційних* або *конструкційних матеріалів* (таблиця додатку 2.5).

Метою теплофізичного розрахунку огорожувальних конструкцій є надання їм необхідних теплозахисних властивостей. Для цього відношення коефіцієнта теплопровідності до товщини огородження замінюють зворотною величиною $\frac{\delta}{\lambda}$, яка

називається термічним опором однорідної огорожувальної конструкції або окремого конструктивного шару і позначається R , $\text{m}^2\text{K/Вт}$.

Будь-яка зовнішня огорожувальна конструкція складається з декількох шарів різних матеріалів. Кожний шар має свій термічний опір, а тому загальний термічний опір багатшарового огородження складається з термічних опорів кожного шару.

При передачі тепла через огорожувальну конструкцію відбувається зміна температури. При цьому загальний температурний перепад складається з суми трьох температурних перепадів (рис. 2.19). Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в холодний період року більш низька, ніж температура повітря приміщення. У межах товщини огорожувальної конструкції зміна температури всередині кожного шару відбувається рівномірно за законом прямої лінії. Розподіл температур у багатшаровій огорожувальній конструкції має характер ламаної лінії, відрізки якої проходячи через шари з більш високим термічним опором мають більший кут нахилу до горизонтальної площини. Температура зовнішньої поверхні конструкції завжди трохи вища температури зовнішнього повітря. Кожний із цих температурних перепадів викликаний конкретним опором перенесення тепла огорожувальної конструкції: опором тепловіддачі на внутрішній поверхні, $R_{\text{в}}$; термічним опором шарів конструкції, $R_{\text{с}}$; опором тепловіддачі на зовнішній поверхні, $R_{\text{з}}$. Загальний опір однорідної огорожувальної конструкції, R_{Σ} , дорівнює сумі всіх окремих опорів.



верхні, $R_{\text{в}}$; термічним опором шарів конструкції, $R_{\text{с}}$; опором тепловіддачі на зовнішній поверхні, $R_{\text{з}}$. Загальний опір однорідної огорожувальної конструкції, R_{Σ} , дорівнює сумі всіх окремих опорів.

Рис. 2.19. Приклад розподілу температур у зовнішній стіні в літній (верхня крива) і зимній (нижня крива) час:

1 – шар внутрішньої штукатурки; 2 – шар цегляної кладки; 3 – шар утеплювача; 4 – шар фасадної штукатурки

Опори тепловіддачі залежать: від виду і розташування огорожувальної конструкції в будівлі, наявності та розмірів виступаючих ребер огорожувальних конструкцій, фактури їх поверхонь, умов променевого теплообміну та величини температурного перепаду.

Величини, зворотні опору теплосприйняття і тепловіддачі, тобто $\alpha_s = \frac{1}{R_s}$ і

$\lambda_s = \frac{1}{R_s}$, називають коефіцієнтами тепловіддачі.

Коефіцієнт тепловіддачі – це коефіцієнт, який визначає кількість теплоти, що сприймається чи віддається одиницею площі (m^2) огорожувальної конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища та температури поверхні конструкції, яка дорівнює 1 К.

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_s та зовнішньої α_e поверхонь огорожувальних конструкцій визначаються за табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_s та зовнішньої α_e поверхонь огорожувальних конструкцій [15]

| Тип конструкції | Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(m^2 К) | |
|--|--|------------|
| | α_e | α_s |
| Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані між гранями b сусідніх ребер $h/b \leq 0,3$ $h/b > 0,3$ | 8,7 7,6 | 23 23 |
| Перекриття горнищ та холодних підвалів | 8,7 | 12 |
| Перекриття над холодними підвалами та технічними поверхнями, що розташовані нижче рівня землі | 8,7 | 6 |
| Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи | 8,0 | 23 |
| Зенітні ліхтарі | 9,9 | 23 |

2.2.3. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівель

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції – це величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, прямо пропорційно залежить від товщини будівельних матеріалів та обернено пропорційно залежить від теплопровідності будівельних матеріалів, m^2 К/Вт.

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та дверей житлових і громадських будівель $R_{q \min}$ встановлюється за таблицею 2.11 залежно від температурної зони території України, в якій передбачається експлуатація будівлі (рис. 2.11).

Таблиця 2.11

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель $R_{q \min}$, $M^2K/Вт$ [15]

| № поз. | Вид огорожувальної конструкції | Значення $R_{q \min}$ для температурної зони | | | |
|--------|---|--|------|------|------|
| | | I | II | III | IV |
| 1 | Зовнішні стіни | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 2,0 |
| 2а* | Покриття і перекриття неопалюваних горюч | 4,95 | 4,5 | 3,9 | 3,3 |
| 2б | | 3,3 | 3,0 | 2,6 | 2,2 |
| 3 | Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям | 3,5 | 3,3 | 3,0 | 2,5 |
| 4 | Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище рівня землі | 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,0 |
| 5а* | Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані нижче рівня землі | 3,75 | 3,45 | 3,0 | 2,7 |
| 5б | | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 1,8 |
| 6а* | Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади | 0,6 | 0,56 | 0,5 | 0,45 |
| 6б | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,45 |
| 7 | Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будівлі | 0,44 | 0,41 | 0,39 | 0,32 |
| 8 | Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків | 0,6 | 0,56 | 0,54 | 0,45 |
| 9 | Вхідні двері в квартири, що розташовані вище першого поверху | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |

Примітка. *Для будинків садибного типу та будівель до чотирьох поверхів включно.

У разі реконструкції будівель, що виконується з метою їх термомодернізації, допускається для непрозорих огорожувальних конструкцій приймати значення $R_{q \min}$ згідно з даними таблиці 2.11 із коефіцієнтом 0,8.

Теплова інерція огорожувальної конструкції, D – це безрозмірна величина, що характеризує її властивість затримувати у часі температурні коливання при проходженні температурної хвилі, та визначається за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_{pi} \quad (2.14)$$

де R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.15)$$

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{sp} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м²К), що приймається за таблицею додатку 2.5;

ϵ_{sp} – коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації Вт/(м²К), що приймається за таблицею додатку 2.5;

n – кількість шарів у конструкції за напрямом теплового потоку.

Теплосмість – це властивість матеріалів поглинати тепло при підвищенні температури, показником якої є коефіцієнт теплозасвоєння.

Коефіцієнт теплозасвоєння – це коефіцієнт, який визначає зміну температури матеріалу в конструкції при гармонійній зміні температури зовнішнього середовища з періодом 24 години. Коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу характеризує здатність матеріалу сприймати тепло при коливаннях температури на його поверхні з певним ступенем інтенсивності.

Найбільший коефіцієнт теплозасвоєння мають конструкційні, важкі, теплопровідні матеріали, наприклад: латунь та мідь – $s = 326,0$ Вт/(м²К); сталь – $s = 126,5$ Вт/(м²К); граніт, базальт – $s = 25,04$ Вт/(м²К). Найменший коефіцієнт теплозасвоєння мають легкі теплоізоляційні матеріали з малою теплопровідністю, наприклад: плити на основі волокнистих матеріалів – $s = 0,19 \dots 1,16$ Вт/(м²К); плити на основі полімерних матеріалів – $s = 0,32 \dots 1,18$ Вт/(м²К).

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій, дверей та воріт **промислових і сільськогосподарських будівель** $R_{v, \min}$ встановлюється за таблицею 2.12 залежно від температурної зони території України, в якій передбачається експлуатація будівлі (рис. 2.11), тепловологісного режиму внутрішнього середовища приміщень, що визначається за табл. 2.7 і теплової інерції огороджувальної конструкції D , яка розраховується за формулою 2.14.

Опір теплопередачі R_{Σ} , м² К/Вт, термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції без повітряних прошарків розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = R_b + \sum_{i=1}^n R_i + R_s = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{sp}} + \frac{1}{\alpha_s}, \quad (2.16)$$

де R_b – опір тепловіддачі на внутрішній поверхні;

R_s – опір тепловіддачі на зовнішній поверхні;

α_b, α_s – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м²К), які приймаються за табл. 2.10;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, м² К/Вт;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{sp} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м²К), яка приймається за таблицею додатку 2.5.

**Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних
конструкцій промислових будівель $R_{q, \min}$, $\text{м}^2 \text{К/Вт}$ [15]**

| Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівель | Значення $R_{q, \min}$ для температурної зони, $\text{м}^2 \text{К/Вт}$ | | | |
|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | I | II | III | IV |
| Зовнішні непрозорі стіни будівель: сухий та нормальний режим конструкцій з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ вологий та мокрий режим конструкцій з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ із надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3) | 1,5 2,0 1,6 2,2 0,55 | 1,3 1,8 1,4 2,0 0,45 | 1,2 1,7 1,2 1,8 0,45 | 0,7 1,2 0,9 1,5 0,35 |
| Покриття та перекриття будівель: сухий та нормальний режим конструкцій з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ вологий та мокрий режим конструкцій з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ із надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3) | 1,6 2,1 1,6 1,8 0,55 | 1,5 2,0 1,5 1,7 0,45 | 1,3 1,8 1,4 1,5 0,45 | 0,9 1,1 1,2 1,4 0,35 |
| Перекриття над проїздами та підвалами з конструкціями з: $D > 1,5$ $D \leq 1,5$ | 1,8 2,2 | 1,7 2,0 | 1,6 1,9 | 1,4 1,7 |
| Двері та ворота будівель: із сухим і нормальним режимом із вологим і мокрим режимом із надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3) | 0,55 0,72 0,2 | 0,55 0,65 0,2 | 0,5 0,6 0,2 | 0,42 0,54 0,2 |
| Вікна та zenітні ліхтарі будівель: із сухим і нормальним режимом із вологим і мокрим режимом із надлишками тепла (більше ніж 23 Вт/м^3) | 0,42 0,45 0,18 | 0,39 0,42 0,18 | 0,39 0,42 0,18 | 0,32 0,35 0,18 |

При певних умовах експлуатації огорожувальних конструкцій для підвищення їх теплоізоляційних показників можна проектувати *замкнуті повітряні прошарки*.

Замкнутий повітряний прошарок – це прошарок, який надійно огорожений від повітря приміщення чи вулиці конструктивними шарами зі спеціальною герметизацією притулів і швів.

Повітряні прошарки огорожувальних конструкцій не завжди можна вважати замкнутими, тому що будівельні матеріали пористі, елементи конструкцій мають нещільності та в прошарок потрапляє холодне повітря. Наприклад, у цегляній стіні, неопшукатуреній із боку фасаду, при товщині зовнішнього шару мурування 250 мм і менше повітряний прошарок не вважається замкнутим.

У повітряних прошарках теплопередача триває, в основному, не за рахунок теплопровідності, а завдяки конвекції повітря та випромінюванню тепла між поверхнями прошарку. Дослідження [56] показали, що при проходженні тепла через 1 м^2 вертикального повітряного прошарку за 1 годину при різниці температур на його поверхнях 5° при товщині прошарку від 10 мм до 200 мм, на долю теплопровідності приходить 38...2%, конвекції – 2...20%, випромінювання – 60...79%.

Незважаючи на те, що повітря в нерухомому стані має досить малий коефіцієнт теплопровідності $\lambda=0,024 \text{ Вт/(м К)}$, термічний опір повітряного прошарку в огорожувальній конструкції порівняно невеликий. Він здійснює вплив при товщині прошарку менше 6...8 мм, коли відсутня передача тепла за рахунок конвекції.

Конвекція повітря в прошарку виникає внаслідок наявності різниці температур на її поверхнях і має характер природної конвекції. При цьому біля поверхонь із вищою температурою повітря нагрівається і рухається вгору, а біля холодної поверхні охолоджується і рухається вниз. Із збільшенням товщини повітряного прошарку конвекційні токи повітря стають більш інтенсивними, а тому не відбувається суттєвого збільшення термічного опору.

Інтенсивність конвективної складової теплообміну у значній мірі залежить від нахилу огорожувальної конструкції, що суттєво впливає на опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій, наприклад, склопакетів сферичних Zenітних ліхтарів порівняно з склопакетами вертикально закритих вікон [44].

На величину тепла, що передається в повітряному прошарку за рахунок випромінювання від поверхні з вищою температурою, впливає температура повітря в прошарку. Термічний опір замкнутих повітряних прошарків збільшується із зниженням температури повітря в прошарках. А тому більш раціонально розташовувати повітряні прошарки ближче до зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, де температура в зимовий час нижча.

Таким чином, величина термічного опору повітряних прошарків залежить від товщини прошарку, температури повітря в ньому, різниці температур на поверхнях прошарку і кута нахилу прошарку в огорожувальній конструкції (вертикального чи горизонтального).

У зв'язку з тим, що передача тепла через повітряний прошарок у великому ступені залежить від випромінювання, для його зменшення доцільно використовувати відбивну ізоляцію у вигляді алюмінієвої фольги із спініним шаром товщиною 3...10 мм.

Відбивна ізоляція – це дво- або тришаровий матеріал, до складу якого входить теплоізоляційний шар із теплопровідністю не більше $0,05 \text{ Вт/(м К)}$ із приформованим до його поверхні тонким шаром матеріалу з високою відбивною властивістю (коефіцієнт чорноти $0,04...0,06$).

Термічний опір повітряних прошарків визначають за табл. 2.13 і 2.14 залежно від їх товщини, положення та температури повітря у прошарку.

Опір теплопередачі R_{Σ} , $\text{м}^2\text{С}/\text{Вт}$, огорожувальної конструкції з послідовно розташованими однорідними шарами із повітряним прошарком визначається, як сума термічних опорів окремих шарів за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_a} + \sum_{i=1}^n R_i + \sum_j R_j + \frac{1}{\alpha_b} = \frac{1}{\alpha_a} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{pi}} + \sum_j R_j + \frac{1}{\alpha_b}, \quad (2.17)$$

де $\sum_j R_j$ – сума термічних опорів замкнених повітряних шарів, $\text{m}^2\text{°C}/\text{Вт}$, які визначаються за табл. 2.13 і 2.14.

Таблиця 2.13

Термічний опір замкнутого повітряного прошарку, $\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$, залежно від розміщення в конструкції [15]

| Товщина повітряного прошарку, м | Розміщення прошарку | | | |
|---------------------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|
| | горизонтального при потоці тепла знизу вгору і вертикального | | горизонтального при потоці тепла згори до низу | |
| | Середня температура повітря у прошарку | | | |
| | $\geq 0^{\circ}\text{C}$ | $< 0^{\circ}\text{C}$ | $\geq 0^{\circ}\text{C}$ | $< 0^{\circ}\text{C}$ |
| 0,01 | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,15 |
| 0,02 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,19 |
| 0,03 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,21 |
| 0,05 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 0,22 |
| 0,1 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,23 |
| 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,24 |
| 0,2...0,3 | 0,15 | 0,19 | 0,19 | 0,24 |

Таблиця 2.14

Термічний опір замкнутого повітряного прошарку, $\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$, при встановленні відбивної ізоляції [15]

| Кількість прошарків (завтовшки 3...10 мм) | Середня температура повітря прошарку | Тип відбивної ізоляції, товщина спіненого шару, мм | | | | | |
|---|--------------------------------------|--|------|------|-----------------|------|------|
| | | А (одностороння)* | | | Б (двостороння) | | |
| | | 3 | 5 | 10 | 3 | 5 | 8 |
| 1 | $\geq 0^{\circ}\text{C}$ | 0,34 | 0,48 | 0,84 | | | |
| 1 | $< 0^{\circ}\text{C}$ | 0,3 | 0,4 | 0,79 | | | |
| 2 | $\geq 0^{\circ}\text{C}$ | 0,79 | 1,0 | 1,3 | 0,85 | 1,39 | 1,49 |
| 2 | $< 0^{\circ}\text{C}$ | 0,64 | 0,79 | 1,2 | 0,82 | 1,25 | 1,4 |

Примітка. *Встановлення ізоляції відбивним шаром у бік приміщення.

Шари огорожувальної конструкції, розташовані між повітряним шаром, який вентилюється зовнішнім повітрям, і зовнішньою поверхнею конструкції при розрахунках не враховуються.

При проектуванні зовнішніх огорожувальних конструкцій з повітряними прошарками необхідно враховувати наступні положення:

1. Ефективними з теплотехнічної точки зору є замкнуті повітряні прошарки товщиною не більше ніж 100 мм.

2. Якщо за конструктивними міркуваннями треба проєктувати прошарок товщиною більше 100 мм, його доцільно заповнювати теплоізоляційним матеріалом.

3. В огорожувальній конструкції більш рціонально проєктувати декілька прошарків малої товщини, ніж один великої.

4. Для зменшення кількості тепла, що передається випромінюванням, повітряні прошарки бажано розміщувати ближче до холодного боку огородження.

5. Улаштування замкнутих повітряних прошарків в огорожувальних конструкціях з вологим або мокрим режимом експлуатації не допускається.

6. Для зменшення конвекційного руху повітря у вертикальних прошарках їх необхідно перегороджувати горизонтальними діафрагмами в рівнях перекриттів. Розмір замкнутого повітряного прошарку за висотою будівлі повинен бути не більше поверху та не більше 6 м.

7. У разі встановлення відбивної ізоляції в огорожувальних конструкціях необхідно влаштовувати один або два замкнутих повітряних прошарки за їх товщиною. Ізоляція встановлюється відбивним шаром у бік джерела теплової енергії. Найбільш ефективно розміщувати у прошарку відбивну ізоляцію зі спіненим шаром.

2.2.4. Особливості теплотехнічного розрахунку неоднорідної огорожувальної конструкції

Передача тепла взимку через плоску однорідну огорожувальну конструкцію відбувається в одному напрямі від внутрішньої до зовнішньої поверхні. Реальні огорожувальні конструкції будівель досить неоднорідні, тому що мають кути, прорізи, стики різних елементів тощо. Неоднорідність огорожувальних конструкцій може обумовлюватися геометрією поверхонь огорожень, конструктивними рішеннями та матеріалами. Розподіл температур на неоднорідних ділянках більш складний, тому що можлива передача тепла від одного перерізу конструкції до інших суміжних перерізів. У результаті тепло розповсюджується у двох або трьох напрямках, що сприяє збільшенню тепловіддачі.

Неоднорідності, обумовлені геометрією огорожувальних конструкцій, мають місце в кутах будівель, у карнизах і парапетах покриттів, у виступаючих звисаннях будівель, у примиканнях еркерів і балконів тощо. При дослідженні розподілу температур в зовнішньому куті стіни встановлено, що температура на внутрішній поверхні кута нижче температури поверхні ділянки стіни, віддаленої від кута. Причиною такого зниження є: нерівність площ теплосприйняття і тепловіддачі, яка витікає з геометричної форми кута (перша площа значно менше другої); зміна коефіцієнту теплосприйняття α , на внутрішній поверхні зовнішнього кута внаслідок зменшення променевого теплообміну і послаблення конвекційних токів повітря.

Зниження температур на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій та збільшення тепловіддачі має місце також на ділянках, які виготовлені з більш теплопровідних матеріалів. У якості теплопровідних включень можуть бути: колони, стіни, балки і перекриття в каркасно-монолітних будівлях; спірання плит перекриттів, перемички та жорсткі зв'язки в цегляних будівлях; стики стінових панелей в панельних і каркасно-панельних будівлях тощо.

Наближений теплофізичний розрахунок неоднорідних огорожувальних конструкцій складатиметься з визначення приведеної величини термічного опору за значеннями термічних опорів окремих ділянок огородження. Внаслідок різної теплопровідності окремих елементів в неоднорідних конструкціях основний напрям потоку тепла викривляється, а тому теплотехнічний розрахунок зводиться до побудови температурного поля у товщі огорожувальної конструкції.

Приведений опір теплопередачі *термічно неоднорідної* непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{оп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{j=1}^m \frac{R_j \cdot F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (2.18)$$

де R_j – термічний опір термічно однорідної зони, що визначається експериментально або на підставі результатів розрахунків двомірного (тримірного) температурного поля та розраховується за формулою:

$$R_j = \frac{\bar{t}_{\text{в}} - \bar{t}_{\text{з}}}{q_j}, \quad (2.19)$$

де $\bar{t}_{\text{в}}, \bar{t}_{\text{з}}$ – середні температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь термічно однорідної зони, °С, відповідно;

q_j – інтенсивність теплового потоку, що проходить через термічно однорідну зону, Вт/м²;

F_j – площа j -ї термічно однорідної зони, м²;

F_{Σ} – площа огорожувальної конструкції, м²;

m – кількість однорідних зон у конструкції.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення показує, яка кількість теплоти Q , Дж, проходить через 1 м довжини теплопровідного включення за 1 с при різниці температури обох поверхонь 1К. Він розраховується або визначається експериментально. У додатку [15] наводяться значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі k для деяких найбільш типових вузлів сполучення огорожувальних конструкцій.

Для конструкцій з визначеними за [15] значеннями лінійного коефіцієнта теплопередачі теплопровідних включень k_j , Вт/(м К) приведений опір теплопередачі розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma \text{оп}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{R_{\Sigma j}} + \sum_{j=1}^{m_1} k_j \cdot L_j}, \quad (2.20)$$

де F_{Σ} – те ж саме, що у формулі (2.18);

F_j – площа j -го термічно однорідного масиву огорожувальної конструкції без врахування теплопровідних включень, м²;

$R_{\Sigma j}$ – опір теплопередачі j -го однорідного масиву, $\text{м}^2\text{К/Вт}$;

m_1 – кількість термічно однорідних масивів;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -го теплопровідного включення, Вт/(мК) ;

L_j – лінійний розмір, м , j -го теплопровідного включення за внутрішньою поверхню термічно неоднорідної огорожувальної конструкції;

m_2 – кількість теплопровідних включень.

Приведений опір теплопередачі *світлопрозорих огорожувальних конструкцій* визначається за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\text{ст}}}{R_{\Sigma \text{ст}}} + \sum_{j=1}^{m_1} \frac{F_{\text{ст}j}}{R_{\Sigma \text{ст}j}} + \sum_{j=1}^{m_2} k_j L_j}, \quad (2.21)$$

де F_{Σ} – теж саме, що у формулі (2.18);

$F_{\text{ст}}, F_{\text{ст}j}$ – площа світлопрозорої частини і j -го непрозорого елемента (імпоста, стулки, рами, ригеля, стовпів тощо), м^2 ;

$R_{\Sigma \text{ст}}, R_{\Sigma \text{ст}j}$ – опір теплопередачі світлопрозорої частини і j -го непрозорого елемента, $\text{м}^2\text{К/Вт}$;

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі стику j -го непрозорого елемента, Вт/(мК) ;

L_j – лінійний розмір стику j -го непрозорого елемента, м ;

m_1, m_2 – кількість непрозорих елементів та стиків, для яких необхідно визначити лінійний коефіцієнт теплопередачі k_j .

Опір теплопередачі R_{Σ} , що визначається за формулами (2.16), (2.17) чи приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, що визначається за формулами (2.18)...(2.21), повинен бути не менше ніж мінімально допустимий опір теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q \text{мін}}$, а саме:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{мін}} \quad (2.22)$$

Зовнішні огорожувальні конструкції необхідно проектувати таким чином, щоб крім виконання умови (2.22), виконувались також умови:

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{ст}}, \quad (2.23)$$

$$t_{\text{вмін}} > t_{\text{мін}}, \quad (2.24)$$

де $\Delta t_{\text{пр}}, \Delta t_{\text{ст}}$ – розрахунковий і допустимий за санітарно-гігієнічними вимогами температурні перепади між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вмін}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{мін}}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$.

Температурний перепад Δt_{tp} для огорожувальних конструкцій розраховується в залежності від їх коефіцієнта скління за методикою [15]. Значення Δt_{tp} наведені у табл. 2.15.

Таблиця 2.15

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції Δt_{cr} , °C [15]

| Призначення будівлі | Вид огорожувальної конструкції | | |
|---|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| | Стіни (зовнішні, внутрішні) | Покриття та перекриття горіщ | Перекриття над проїздами та підвалами |
| Житлові будинки, дитячі установи, школи, інтернати | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| Громадські будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за виключенням приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації | 5,0 | 4,0 | 2,5 |
| Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації | 7,0 | 5,0 | |
| Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації | $t_a - t_p$ | $0,8(t_a - t_p)$ | |
| Виробничі будівлі з надлишками тепла (більше 23 Вт/м ³) | 12 | 12 | |

Мінімальна допустима температура внутрішньої поверхні t_{min} непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, у кутах та укосах віконних і дверних прорізів повинна бути не менше, ніж температура точки роси t_p , яку можна визначити за розрахунковими значеннями температури та відносної вологості внутрішнього повітря в приміщенні за додатком 2.6. Мінімальна допустима температура на внутрішній поверхні t_{min} світлопрозорих огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, включаючи ступки, коробки, імпости та зони дистанційних рамок повинна бути не менше ніж 4°C, а для виробничих будівель – не менше ніж 0°C.

При проектуванні огорожувальних конструкцій будівель негативний вплив теплопровідних включень усувається направленою теплоізоляцією (рис. 2.20, 2.21).

На сучасному рівні розвитку будівництва, за наявності різноманітних ефективних утеплювачів і технологій утеплення зовнішніх стін, *теплова оболонка будівель, розміщена з боку фасада*, забезпечує усунення конденсату на ділянках теплопровідних включень [5].

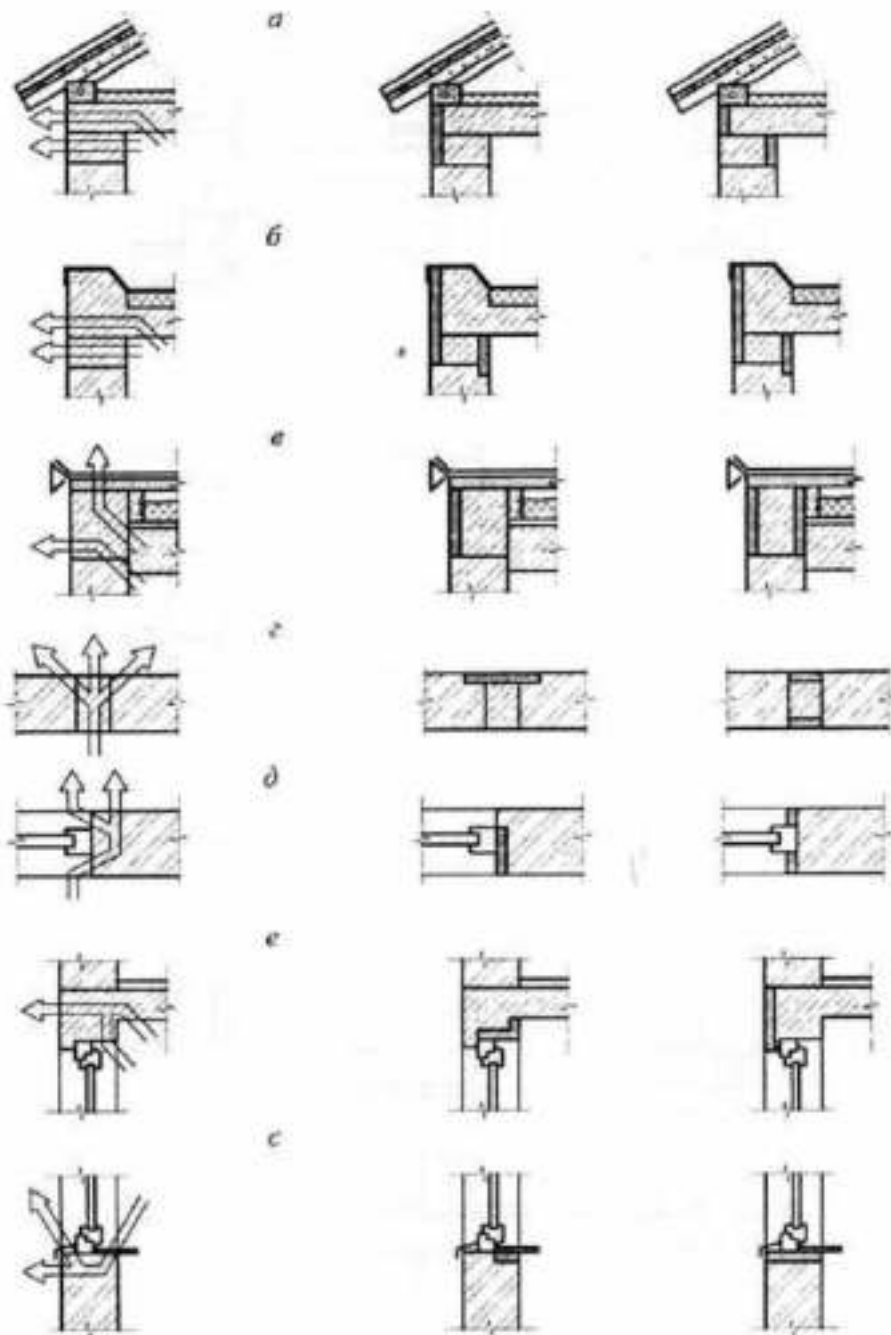


Рис. 2.20. Теплопровідні вclusions та їх усунення направленою теплоізоляцією:
a – карнизний вузол схильного покриття; *б* – паранет; *в* – карнизний вузол плоского покриття;
г – залізобетонна колона в стіні; *д* – бокове примикання вікна до стіни; *е* – верхнє примикання вікна до стіни; *є* – нижнє примикання вікна до стіни

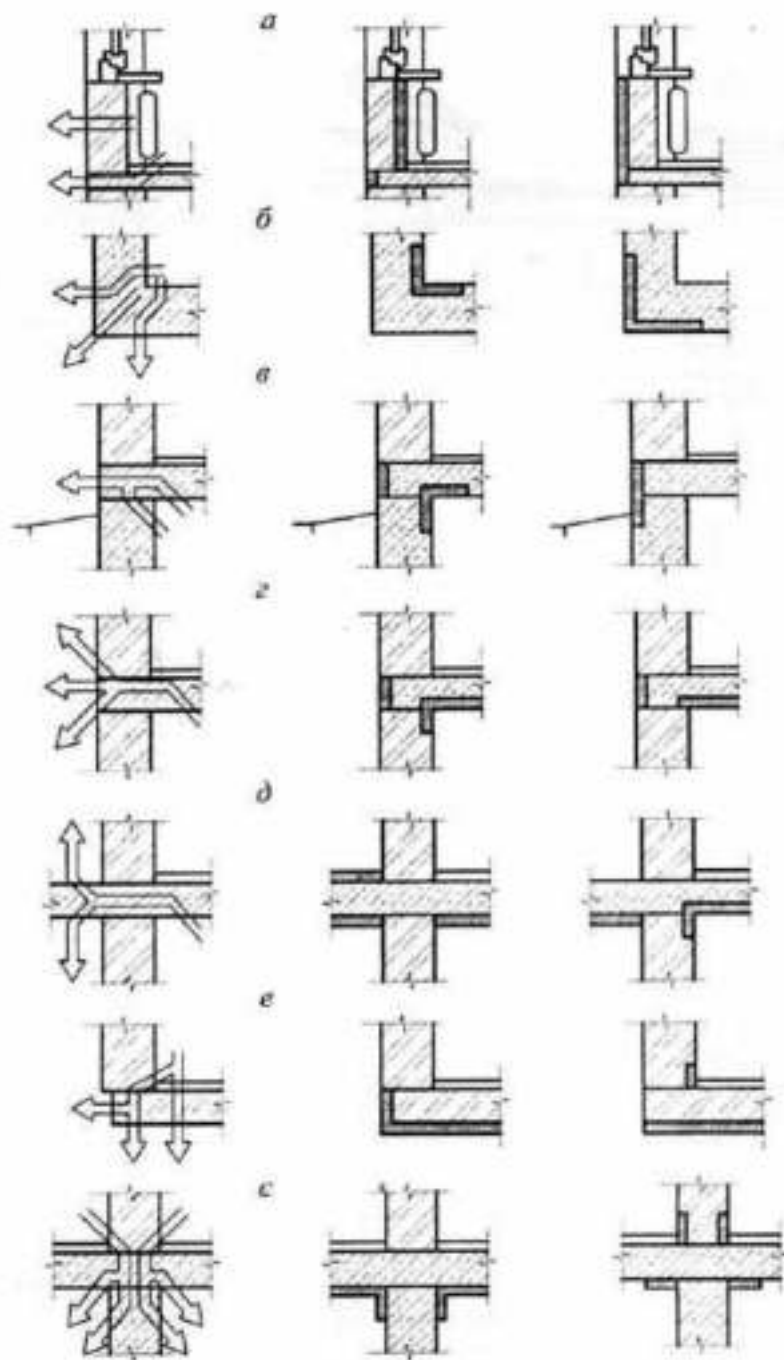


Рис. 2.21. Теплопровідні вклучення та їх усунення направленою теплоізоляцією:
a – підвіконна частина стіни; *б* – виступаючий кут стіни; *в* – цоколь стіни; *г* – спирання перекриття на стіну; *д* – спирання перекриття з консольним виступом; *e* – еркер; *е* – спирання цокольного перекриття на внутрішню стіну

2.2.5. Проектування теплоізоляційної оболонки будівель за тепловитратами на опалення

Для забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівель раціонального використання енергетичних ресурсів ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [15] встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель.

Методичною основою норм є проектування будівель із заданим споживанням теплової енергії на підтримку оптимальних параметрів мікроклімату їх приміщень, які встановлюють на основі оптимізації початкових та експлуатаційних витрат [55].

При проектуванні будівлі визначається розрахунковий показник витрат теплової енергії, як функція від теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, об'ємно-планувальних рішень будівлі, тепловиділень і кількості сонячної енергії, що потрапляє у приміщення, ефективності інженерних систем підтримки необхідного мікроклімату приміщень і систем тепlopостачання. Цей розрахунковий показник не повинен перевищувати нормований показник. Питомі тепловитрати на опалення будівель повинні відповідати умові:

$$q_{\text{вуд}} \leq E_{\text{норм}} \quad (2.25)$$

$q_{\text{вуд}}$ – розрахункові або фактичні питомі тепловитрати, що визначаються за додатком 2.7;

$E_{\text{норм}}$ – максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період, кВт год/м² або кВт год/м³, що встановлюються згідно з таблицями 2.16 і 2.17 залежно від призначення будівлі, його поверховості, величини опалювальної площі та температури зони експлуатації.

Основна відмінність ДБН В.2.6-31:2006 [15] від колишніх нормативних документів із будівельної теплотехніки полягає у нормуванні максимальних тепловитрат на опалення будівель. За новим принципом регламентуються енергетичні вимоги до будівлі в цілому, а не до окремих її частин (стіл, покриття, вікон тощо), які формують тепловий баланс будівлі. Основним критерієм є комплексний показник питомого енергоспоживання (на один м² корисної площі або на один м³ опалювального об'єму за градусо-добу опалювального періоду) на опалення будівлі за опалювальний період. Цей показник є основним нормативом для теплотехнічного проектування та має розмірність, подібну до прийнятої в європейській нормативній базі, кВт год/(м²К·доба) або кВт год/(м³К°·доба).

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі розраховують питомі тепловитрати на її опалення, величина яких залежить від призначення будівлі, її висоти, площі та кліматичних умов району будівництва [15]. Саме їх порівнюють із нормативними максимальними тепловитратами. Якщо питомі тепловитрати на опалення будівлі менші, ніж максимально допустимі, допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із знизженими значеннями опору теплопередачі до рівнів: 75% від $R_{q, \text{норм}}$ – для непрозорих частин зовніш-

ніх стін і 80% від $R_{q, \text{min}}$ – для інших огорожувальних конструкцій відповідно до умови за формулою (2.22) при обов'язковому виконанні для цих елементів теплоізоляційної оболонки умов за формулами (2.23) і (2.24).

Таблиця 2.16

**Нормативні максимальні тепловитрати багатопверхових будівель E_{max}
кВт год/м², [кВт год/м³] [15]**

| Призначення будівлі/ кількість поверхів | Значення E_{max} , кВт год/м ² , [кВт год/м ³], для температурної зони | | | |
|---|--|---------|---------|---------|
| | I | II | III | IV |
| Житлові будинки і готелі/ від 1 до 3 | Відповідно до табл. П.1.16 | | | |
| від 4 до 5 | 89 [32] | 77 [28] | 65 [24] | 53 [19] |
| від 6 до 7 | 83 [30] | 72 [26] | 61 [22] | 50 [18] |
| від 8 до 9 | 79 [29] | 69 [25] | 58 [21] | 48 [17] |
| від 10 до 11 | 75 [27] | 65 [23] | 55 [20] | 45 [16] |
| 12 і більше | 73 [26] | 63 [23] | 54 [19] | 44 [16] |
| Громадські та адміністративні будівлі/ 1 | [44] | [38] | [32] | [26] |
| 2 | [40] | [34] | [29] | [24] |
| 3 | [38] | [33] | [28] | [23] |
| від 4 до 5 | 94 [35] | 81 [31] | 69 [26] | 56 [21] |
| від 6 до 7 | 89 [33] | 77 [29] | 65 [24] | 53 [20] |
| від 8 до 9 | 83 [31] | 72 [27] | 61 [23] | 50 [19] |
| від 10 до 12 | 79 [29] | 69 [25] | 58 [21] | 48 [17] |
| 12 і більше | 77 [28] | 67 [24] | 57 [20] | 46 [17] |
| Лікувальні та дитячі навчальні заклади/ 1 | [35] | [31] | [26] | [21] |
| 2 | [34] | [30] | [25] | [21] |
| 3 | [33] | [29] | [24] | [20] |
| від 4 до 5 | [32] | [28] | [24] | [19] |
| від 6 до 7 | [31] | [27] | [23] | [19] |
| від 8 до 9 | [30] | [26] | [22] | [18] |
| від 10 до 11 | [29] | [25] | [21] | [17] |
| Дошкільні заклади/ від 1 до 3 | [43] | [37] | [31] | [26] |
| Магазини, універмаги, універсамні/ 1 | [24] | * [21] | [18] | [15] |
| 2 | [23] | [20] | [17] | [14] |
| 3 | [22] | [19] | [16] | [13] |
| від 4 до 5 | [21] | [18] | [15] | [12] |
| від 6 до 7 | [21] | [18] | [15] | [12] |

**Нормативні максимальні тепловитрати малоповерхових будівель E_{max}
кВт год/м²**

| Площа опалювальної будівлі, м ² | Кількість поверхів | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | |
| | Значення E_{max} , кВт год/м ² , для температурної зони | | | | | | | | | | | | | | | |
| | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| До 60 | 146 | 126 | 107 | 87 | – | | | | – | | | | – | | | |
| 60 ... 150 | 130 | 113 | 95 | 78 | 141 | 122 | 103 | 84 | – | | | | – | | | |
| 151 ... 250 | 115 | 99 | 84 | 69 | 125 | 108 | 92 | 75 | 135 | 117 | 99 | 81 | – | | | |
| 251 ... 400 | 104 | 90 | 76 | 62 | 109 | 95 | 80 | 66 | 115 | 99 | 84 | 69 | 120 | 104 | 88 | 72 |
| 401 ... 600 | – | | | | 94 | 81 | 69 | 56 | 99 | 86 | 73 | 59 | 104 | 90 | 76 | 62 |
| 601 ... 1000 | – | | | | 83 | 72 | 61 | 50 | 89 | 77 | 65 | 53 | 94 | 81 | 69 | 56 |
| Більше 1000 | – | | | | 73 | 63 | 53 | 44 | 78 | 68 | 57 | 47 | 83 | 72 | 61 | 50 |

Таким чином, при виконанні нормативного принципу (2.25) можна:

- не виконувати жорстких вимог забезпечення поелементного мінімально допустимого значення опору теплопередачі для окремих огорожувальних конструкцій. Зниження теплоізоляції одних зовнішніх конструкцій теплоізоляційної оболонки будівлі можна компенсувати за рахунок підвищенням цього рівня для інших конструкцій;

- забезпечувати рівний із поелементними вимогами енергозберігаючий ефект за рахунок комплексного проектування теплоізоляції будівлі та обліку систем тепlopостачання;

- мати можливість вибору найкращих енергоефективних проектних рішень будівель порівняно із поелементним нормуванням, що обумовлює підвищення якості проектування.

Енергетична паспортизація будівель є обов'язковою умовою забезпечення їх енергоефективності. Енергетичний паспорт повинен містити три аспекти енергетичної ефективності будівель: доказ відповідності проекту нормативним вимогам, контроль енергоефективності у процесі експлуатації, мотивація власників будівель до зниження енергоспоживання.

В енергетичному паспорті будівлі наводяться: загальна інформація про будівлю; розрахункові кліматичні параметри; функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будівлі; геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники будівлі; клас енергетичної ефективності будівлі [15, 55].

Показник енергетичної ефективності будівель встановлюється у залежності від величини відхилення розрахункового значення питомих витрат теплової енергії на опалення будівель від нормативного у відсотках.

Алгоритм визначення розрахункових параметрів енергетичного паспорта будівлі, його форми та класифікацію за енергетичною ефективністю наведені у додатках 2.7 і 2.8.

2.2.6. Визначення показників теплостійкості будівель

Періодичний температурний вплив оточуючого середовища та нерівномірний вплив від опалювальних приладів викликають коливання температури внутрішнього повітря у приміщеннях і за товщиною та на поверхнях огорожувальних конструкцій будівель. Для підтримування комфортних умов у приміщеннях будівель до огорожувальних конструкцій висуваються вимоги забезпечення мінімальних коливань температури на їх внутрішніх поверхнях.

Колівання температури на поверхні огорожувальної конструкції залежить від теплостійкості та теплової інерції конструкції. Саме слово «інерція» говорить про намагання тіла зберегти температуру свого початкового стану. Чим більша інерція конструкції тим важче змінити цей первісний стан.

Теплостійкість характеризує теплову інерцію огорожувальної конструкції, яка залежить від термічного опору шарів огорожувальної конструкції та коефіцієнтів теплозасвоєння матеріалів цих шарів. Чим більша густина, коефіцієнт теплозасвоєння та масивність матеріалу, тим вище теплостійкість конструкції.

Теплостійкість конструкції – це властивість огорожувальної конструкції зберігати відносну стабільність температури при коливаннях теплового потоку.

Теплостійкість приміщень – це властивість конструкцій приміщення зберігати відносну стабільність температури при коливаннях температури навколишнього середовища та теплової енергії на опалення.

У сучасному будівництві, при використанні полегшених конструкцій, фактор теплостійкості набуває особливого значення. Теплостійкість легких конструкцій, наприклад, стін із сандвіч-панелей завжди менше, ніж масивних цегляних або бетонних стін, які менш чутливі до різких перепадів зовнішніх температур. Очевидно, що підвищити теплостійкість приміщень будівель можливо за рахунок збільшення термічного опору зовнішніх огорожувальних конструкцій, влаштуванням в них вентиляційних прошарків, світлим фарбуванням, застосуванням сонцезахисних пристроїв тощо.

Влітку тепловий вплив зовнішнього середовища на огорожувальні конструкції складається з двох факторів: впливу температури зовнішнього повітря та сонячної радіації. Виникає велика добова амплітуда коливань температури, періодичне підвищення температури внутрішньої поверхні огороження з подальшою віддачею тепла всередину будівлі та перегрів його приміщень. Аналіз характеру розподілу температури за товщиною огорожувальної конструкції [40] показав, що амплітуда коливань температури зменшується із віддаленням від зовнішньої поверхні до внутрішньої (рис. 2.22). Найбільш різко вона зменшується у шарі огорожень, який безпосередньо стикається із зовнішнім повітрям. Товщина огорожувальної конструкції від її зовнішньої поверхні до площини, де амплітуда коливань температури зменшується вдвічі по відношенню до амплітуди коливань температури зовнішньої поверхні, називається *шаром різких коливань*. При проектуванні огорожувальних конструкцій будівель саме матеріал цього шару найбільше впливає на теплостійкість огороження.

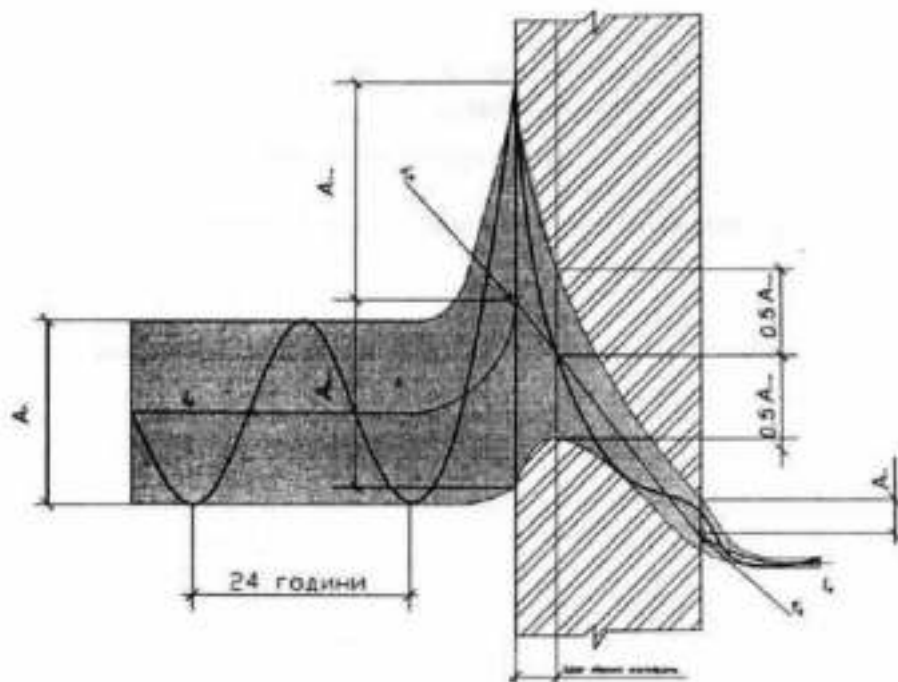


Рис. 2.22. Затушення температурних коливань у зовнішній огорожувальній конструкції у літній період

Задача розрахунку огорожувальних конструкцій на теплостійкість у літній період – це надання їм необхідних теплозахисних якостей, що гарантують підтримання в приміщеннях комфортної температури повітря при періодичній зміні параметрів зовнішнього середовища.

Основною характеристикою теплостійкості огорожувальної конструкції є величина наскрізного затушення V , яка визначається відношенням амплітуди коливань розрахункової температури зовнішнього повітря до амплітуди коливань температури на внутрішній поверхні. Наприклад, добові зміни температури зовнішнього повітря можуть бути представлені як гармонічні відносно середньодобового значення коливання температури з визначеною амплітудою та періодом 24 години. Періодичний характер теплових впливів на огорожувальну конструкцію має місце при опроміненні її поверхонь потоком сонячної радіації. При таких теплових впливах в огорожувальній конструкції виникає теплова хвиля, при цьому амплітуди коливань температури і теплового потоку в будь-якому розрізі огорожувальної конструкції зменшуються за величиною та запізнюються за часом.

Показники теплостійкості визначаються для житлових будинків, громадських будівель, навчальних та лікувальних закладів. Для них обов'язкове виконання умов:

– теплостійкості в літній період року зовнішніх огорожувальних конструкцій;

$$A_{t_{\text{вн}}} \leq 2,5; \quad (2.26)$$

– теплостійкості в зимовий період року температури приміщень:
за наявності центрального опалення:

$$A_{t_{\text{вн}}} \leq 1,5; \quad (2.27)$$

за наявності теплоакумулюючого (літнього) опалення:

$$A_{t_{\text{вн}}} \leq 2,5. \quad (2.28)$$

де $A_{t_{\text{вн}}}$ – амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій, °С;

$A_{t_{\text{вн}}}$ – амплітуда коливань температури внутрішнього повітря, °С.

За наявності в будівлях центрального опалення, з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря, теплостійкість приміщень в холодний період року не визначається.

Розрахунок теплостійкості зовнішньої огорожувальної конструкції починається із визначення розрахункової амплітуди коливання температури зовнішнього повітря $A_{t_{\text{зовн}}}$, °С, що визначається за формулою:

$$A_{t_{\text{зовн}}} = 0,5 \cdot A_{t_{\text{вн}}} + \frac{\chi \cdot (I_{\text{max}} - I_{\text{сер}})}{\alpha_{\text{вн}}}; \quad (2.29)$$

де $A_{t_{\text{вн}}}$ – максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні, приймається за [51];

χ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, визначається за таблицею додатку 2.9;

$I_{\text{max}}, I_{\text{сер}}$ – максимальне та середнє значення сумарної інтенсивності сонячної радіації (прямої та розсіяної), Вт/м², прийняті згідно [51] для зовнішніх стін як для вертикальних поверхонь західної орієнтації та для покриття – як для горизонтальної поверхні;

$\alpha_{\text{вн}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції для літніх умов, Вт/(м²·°С), визначається за формулою:

$$\alpha_{\text{вн}} = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{v}), \quad (2.30)$$

де v – мінімальна із середніх швидкостей вітру по румбах за липень, м/с, повторюваність яких складає 16% і більше, прийнята згідно з [51], але не менше 1 м/с.

Розрахунок амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні огорожувальних непрозорих конструкцій при оцінці їх теплостійкості у літній період виконується за формулою:

$$A_s = \frac{A_{s, \text{pot}}}{v}, \quad (2.31)$$

де v – величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції.

Коефіцієнт затухання залежить від фізичних властивостей матеріалів шарів, з яких складається огорожувальна конструкція, та від порядку їх розташування за товщиною огородження. Він визначається за формулою:

$$v = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(s_1 + \alpha_s) \cdot (s_2 + Y_1) \cdot \dots \cdot (s_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_m + Y_n)}{(s_1 + Y_1) \cdot (s_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (s_n + Y_n) \cdot \alpha_m}, \quad (2.32)$$

$e = 2,718$ – основа натуральних логарифмів;

D – теплова інерція або масивність огорожувальної конструкції, що визначається за формулою (2.14);

s_1, s_2, \dots, s_n – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалів окремих шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м² К), приймаються за таблицею додатку 2.4 для умов експлуатації А;

$Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}, Y_n$ – коефіцієнти теплозасвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огорожувальної конструкції, Вт/(м² К);

α_s – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² К), який визначається за табл. 2.10.

Для визначення коефіцієнтів теплозасвоєння зовнішніх поверхонь окремих шарів огорожувальної конструкції спочатку знаходять теплову інерцію D кожного шару.

Коефіцієнт теплозасвоєння зовнішньої поверхні i -го шару Y_i , Вт/(м² К), визначається:

а) якщо $D_i \geq 1$ – за формулою $Y_i = s_i$;

б) якщо $D_i < 1$ – за формулами для першого шару:

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + \alpha_s}{1 + R_i \cdot \alpha_s}; \quad (2.33)$$

для i -го шару:

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i \cdot Y_{i-1}}. \quad (2.34)$$

Порядок нумерації шарів приймається у напрямку від внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції до зовнішньої.

Якщо розрахункова амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції буде більше ніж 2,5 °С, тоді необхідно для підвищення її теплостійкості провести коригування конструктивного рішення. Більш інтен-

сивне згасання температурних коливань на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції забезпечується: підвищенням опору теплопередачі та теплової інерції, розташуванням у багатошаровій огорожувальній конструкції більш масивних матеріалів ближче до її внутрішньої поверхні, проектуванням повітряних прошарків замкнених або вентиляованих зовнішнім повітрям, чергуванням в конструкції шарів із малою та великою тепловою інерцією.

Зменшити коливання температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій будівель можна захистом їх від теплового впливу сонячної радіації, а саме: зниженням коефіцієнта поглинання сонячної радіації зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, наприклад, фарбуванням у світлі тони; влаштуванням екранів біля зовнішніх огорожень у вигляді сонцезахисних пристроїв, зелених насаджень тощо.

Для комплексного вирішення питання захисту приміщень від перегріву шлітку, треба керуватися наступними рекомендаціями [40]:

1. Для збільшення теплостійкості огорожувальних конструкцій проектувати в них вентиляовані повітряні прошарки. При цьому шари конструкції, що розташовані між повітряним прошарком та її зовнішньою поверхнею, повинні мати мінімально можливу товщину. Найбільш раціонально виконувати ці шари конструкції з тонких листових матеріалів (азбестоцементних, сталевих, алюмінієвих, мідних тощо). Оптимальні розміри вентиляованих повітряних прошарків у зовнішніх стінах висотою 5...6 м повинні мати товщину в межах 50...100 мм.

2. Для збільшення теплостійкості огорожувальних конструкцій із замкнутими повітряними прошарками доцільно використовувати теплоізоляцію з тепловідбивною поверхнею, яку розміщують відбивним шаром у бік джерела теплового потоку.

3. Рулонні покрівлі бажано покривати шаром гравію світлих тонів товщиною не менше 10 мм.

4. Ефективним заходом підвищення теплостійкості покриттів є влаштування дахів-ванн. Теплові надходження від сонячної радіації через такі покриття зменшуються на 65...80% порівняно з сухими покриттями аналогічної конструкції.

5. У районах із середньомісячною температурою липня 21°C та вище для вікон і ліхтарів приміщень будівель, в яких необхідно дотримуватися оптимальних норм температури та відносної вологості повітря, треба використовувати сонцезахисні пристрої та сонцезахисне скління. Сонцезахисні пристрої та листи сонцезахисного скла слід розташовувати із зовнішнього боку світлового прорізу або у просторі між склом. Для вилучення надлишкового тепла простір між листами скла бажано вентилявати.

6. У випадку недостатньо ефективного сонцезахисту світлових прорізів приміщень з природним режимом експлуатації (без застосування установок кондиціонування) збільшення товщини теплоізоляції зовнішніх огорожень з метою захисту від перегріву викликає підвищення температури внутрішнього повітря.

7. Безперервний сонцезахист усієї зовнішньої площини стіни у вигляді сонцезахисних екранів на відносі від основної конструкції забезпечує зниження впливу сонячної радіації на перегрів приміщень.

У зимовий період різкі коливання температури повітря мають місце при коливаннях тепловіддачі опалювальних пристроїв у приміщеннях із великими площами зовнішніх огорожувальних конструкцій, наприклад, у кутових кімнатах.

Оцінювання теплостійкості приміщень житлових будинків, громадських будівель, навчальних та лікувальних закладів у зимовий період здійснюється на базі обов'язкового виконання умов (2.27 і 2.28) за результатами розрахунків амплітуди коливань температури повітря у приміщенні, A_t , °С, за формулою:

$$A_t = \frac{0,7 \cdot q_{\text{втр}} \cdot m}{\sum_{j=1}^K B_j \cdot F_j} \quad (2.35)$$

де $q_{\text{втр}}$ – тепловтрати приміщення, Вт, що визначаються за додатком 2.6;

m – коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі системи опалення, приймається за таблицею додатку 2.10;

F_j – площа внутрішньої поверхні j -ї зовнішньої огорожувальної конструкції, м²;

K – кількість зовнішніх огорожувальних конструкцій у приміщенні;

B_j – коефіцієнт теплового поглинання, Вт/(м²К), внутрішньою поверхнею j -ї зовнішньої огорожувальної конструкції приміщення, що визначається за формулою:

$$B_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + Y_n} \quad (2.36)$$

де Y_n – коефіцієнт теплового засвоєння внутрішньої поверхні огороження, Вт/(м²К);

α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²К), який визначається за табл. 2.10.

Коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею непрозорих огорожувальних конструкцій розраховується за формулами:

а) якщо внутрішній шар огорожувальної конструкції має теплову інерцію $D \geq 1$, то $Y_n = s_1$;

б) якщо теплова інерція першого шару огорожувальної конструкції $D_1 < 1$, а першого і другого шарів конструкції $D_1 + D_2 \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні потрібно визначати за формулою:

$$Y_n = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + s_2}{1 + R_1 \cdot s_2} \quad (2.37)$$

де R_1 , s_1 , s_2 – термічний опір та коефіцієнти теплозасвоєння відповідно, першого та другого шарів;

– якщо теплова інерція перших n шарів конструкції $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 1$, а теплова інерція $n+1$ шарів $D_1 + D_2 + \dots + D_n + D_{n+1} \geq 1$, то коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньої поверхні потрібно визначити з урахуванням коефіцієнтів теплозасвоєння n шарів за формулами:

для n -го шару

$$Y_n = \frac{R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{1 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (2.38)$$

для i -го шару ($i = n-1, n-2, \dots, 1$)

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot Y_{i+1}}. \quad (2.39)$$

Коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею світлопрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$Y_{nc} = \frac{1}{1,08 \cdot R_{sc}}, \quad (2.40)$$

де R_{sc} – опір теплопередачі світлопрозорої конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, що визначається на підставі випробувань або розраховується за формулою (2.21).

При проектуванні огорожувальних конструкцій для запобігання різких коливань температури повітря у зимовий період в приміщеннях житлових будинків, громадських будівлях, навчальних та лікувальних закладів необхідно керуватися наступними положеннями:

1. Використовувати будівельні матеріали з великими коефіцієнтами теплозасвоєння (камінь, бетон, цегла). Теплостійкість цегляних стін значно краща ніж у сандвіч-панелей.
2. Проектувати багат шарові огорожувальні конструкції, в яких для збільшення величини затухання амплітуди коливань температури, розміщувати матеріал з більшою теплостійкістю з боку приміщень.
3. Передбачати наявність замкнутих повітряних прошарків, які краще розміщувати ближче до зовнішніх поверхонь огорожень.

2.2.7. Визначення показників теплозасвоєння підлоги

Інтенсивний теплообмін між підшвами ніг людини та холодною підлогою порушує комфортні умови перебування людей у приміщеннях будівель. Із збільшенням показників теплозасвоєння підлоги збільшується теплообмін, а тому для поверхонь підлог житлових і нежитлових будівель з постійними робочими місцями обов'язковим є виконання умови:

$$Y_n \leq Y_{\text{min}}, \quad (2.41)$$

де Y_n – показник теплозасвоєння підлоги, $\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$Y_{\max, n}$ – максимальне допустиме значення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, що встановлюється згідно з таблицею 2.18, у залежності від призначення будівлі.

Таблиця 2.18

Максимальні допустимі значення показника теплосасвоєння поверхнею підлоги [15]

| Призначення будівлі | Значення $Y_{\max, n}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ |
|---|---|
| 1. Житлові будинки, дошкільні, лікувальні та дитячі навчальні заклади | 12 |
| 2. Громадські та адміністративні будівлі | 14 |
| 3. Ділянки із постійними робочими місцями в опалювальних приміщеннях промислових будівель | 17 |

При розрахунках теплосасвоєння поверхні підлоги змінний тепловий потік від контакту людини з підлогою спрямований в напрямку від внутрішньої поверхні огороження назовні. Тому теплосасвоєння поверхні підлоги буде залежати, в основному, від коефіцієнтів теплосасвоєння матеріалів, які знаходяться у шарі різких коливань із внутрішнього боку огороження. Враховуючи те, що нога людини не залишається довгий час на одному місці підлоги, а постійно змінює своє положення, періоди коливань теплового потоку досить короткочасні. При цьому шар різких коливань має незначну товщину і обмежений частиною підлоги від внутрішньої поверхні до площини, де теплова інерція $D = 0,5$. Виходячи з цього і визначається кількість шарів підлоги n , які слід враховувати при розрахунках її теплосасвоєння.

Якщо теплова інерція покриття (першого шару) підлоги:

$$D_1 \geq 0,5, \quad (2.42)$$

то $n = 1$.

Якщо умова (2.42) не виконується, то послідовно розраховуються значення сумарної теплової інерції n перших шарів підлоги, доки не буде виконуватися умова:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n D_i < 0,5; \\ \sum_{j=1}^{n+1} D_j \geq 0,5, \end{cases} \quad (2.43)$$

де D_i – теплова інерція i -го шару конструкції підлоги;

n – кількість шарів підлоги, що визначається.

При $n = 1$ показник теплосасвоєння підлоги Y_n , $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, визначається за формулою:

$$Y_n = 2 s_1. \quad (2.44)$$

Якщо $n > 1$, то Y_n визначається послідовним розрахунком показників теплозасвоєння поверхонь шарів конструкції, починаючи з n -го до 1-го:
для n -го шару – за формулою

$$Y_n = \frac{2R_n \cdot s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n \cdot s_{n+1}}; \quad (2.45)$$

для i -го шару ($i = n-1, n-2, \dots, 1$) – за формулою

$$Y_i = \frac{4R_i \cdot s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i \cdot Y_{i+1}}. \quad (2.46)$$

Показник теплозасвоєння поверхні підлоги Y_n дорівнює показнику теплозасвоєння поверхні 1-го шару.

У формулах (2.44)–(2.46):

R_n, R_n – термічні опори i -го та n -го шарів конструкції підлоги, $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$;

s_1, s_n, s_n, s_{n+1} – розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу 1-го, i -го, n -го, $(n+1)$ -го шарів конструкції підлоги, $\text{Вт} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

Y_{i+1} – показник теплозасвоєння поверхні $(i+1)$ -го шару конструкції підлоги, $\text{Вт} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Якщо за результатами розрахунків умова (2.41) не виконується, тоді необхідно вжити заходів для зниження величини теплозасвоєння поверхні підлоги.

При проектуванні підлог треба дотримуватися наступних рекомендацій:

1. Вирішальне значення для теплозасвоєння підлоги має коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу покриття підлоги. Залежно від величини цього коефіцієнта, підлоги поділяють на *теплі* та *холодні*. До теплих відносяться підлоги з малим коефіцієнтом теплозасвоєння матеріалу покриття: килимові, лінолеумні, дощаті, паркетні тощо. До холодних – підлоги з великими показниками тепло засвоєння матеріалу покриття: кам'яні, мозаїчні, наливні, керамічні тощо.

2. Теплі підлоги рекомендується проектувати в приміщеннях будівель, що зводяться у II і III кліматичних районах України із помірним та теплим кліматом, а холодні підлоги – у IV кліматичному районі з жарким кліматом.

3. Підлоги в приміщеннях, які розташовані над проїздами та перекриттями, необхідно утеплювати та пам'ятати, що перепад між температурами внутрішнього повітря та поверхні підлоги повинен бути не більше: 2°C – для житлових будинків, дитячих установ, шкіл та інтернатів і $2,5^\circ\text{C}$ – для інших будівель.

4. *Холодні підлоги з підігрівом* доцільно використовувати в деяких приміщеннях будівель II та III кліматичних районів України, наприклад, санітарних вузлах, саунах, верандах, коридорах тощо. Для забезпечення теплового комфорту у бетонному шарі таких підлог між утеплювачем і верхнім покриттям укладають нагрівальні елементи у вигляді змійовників, які обіймають необхідну поверхню підлоги. Для опалення можуть використовуватися як рідинні теплоносії, так і електричний струм. Таку систему обладнують терморегуляторами, що дають змогу регулювати температуру поверхні підлоги.

2.2.8. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Вологісний стан огорожувальних конструкцій впливає на їх теплозахисні властивості, тому що теплопровідність зволжених матеріалів більша, а опір теплопередачі конструкції менший. Від вологісного стану матеріалу залежить довговічність конструкцій. Зволожені огорожувальні конструкції швидко руйнуються від морозу, а тому до них висувають вимоги щодо морозостійкості.

Морозостійкість – це здатність матеріалу витримувати у водонасиченому стані багаторазове наперемінне заморожування та відтавання без суттєвих втрат міцності та маси.

Під дією мінусових температур вода у великих порах матеріалів замерзає та перетворюється на лід із збільшенням об'єму приблизно на 9%. При цьому в матеріалі з'являються внутрішні напруження, які можуть спричинити до його руйнування.

Пористість – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами, яка виражається у відсотках, %. Вона коливається у широких межах: скло, алюміній, сталь – 0%; граніт, діпарит – 0,2...0,8%; важкий бетон – 5...20%; легкий бетон – 35...85%; цегла керамічна – 30...40%; поропласти – 85...95%.

Водопоглинання – це властивість матеріалу вбирати та утримувати в собі воду, що характеризується ступенем наповненості пор водою при насиченні, тобто відношенням об'єму поглинутої води до загального об'єму матеріалу в природному стані $W_{\text{в}}$, %.

Вода, що замерзає у відносно великих порах матеріалу, під тиском утвореного льоду проникає у дрібні пори і капіляри, в яких вона не замерзає навіть при температурі, значно нижчій від 0°C, і відповідно не викликає такого швидкого руйнування матеріалу, що має місце при утворенні льоду. Таким чином, матеріали з переважно великими порами мають меншу морозостійкість, ніж матеріали, які поряд із великими порами мають, сполучені з ними, дрібні пори [34]. Найбільш морозостійкими є щільні матеріали з низьким водопоглинанням, однорідні за структурою й такі, що мають високий коефіцієнт розм'якшення (водостійкості).

Водостійкість – це здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості у насиченому водою стані, характеризується коефіцієнтом розм'якшення K_{α} , який визначається за формулою:

$$K_{\alpha} = \frac{R_{\alpha}}{R_{\text{в}}}, \quad (2.47)$$

де R_{α} – міцність матеріалу насиченого водою, МПа;

$R_{\text{в}}$ – міцність матеріалу в сухому стані, МПа.

Деякі матеріали при зволоженні втрачають міцність і деформуються, наприклад цегла-сирець, яка має $K_{\alpha} = 0$. Такі матеріали як скло, сталь, алюміній, не змінюють своєї міцності при зволоженні ($K_{\alpha}=1$), а цементний бетон може навіть під-

вишувати її. Водостійкими вважаються будівельні матеріали з коефіцієнтом розм'якшення понад 0,8.

Регулювання морозостійкості матеріалів можливе за рахунок зміни їх капілярно-пористої структури в процесі виготовлення та застосування поверхнево-активних речовин (ПАР). Коефіцієнт розм'якшення морозостійких матеріалів огорожувальних конструкцій має бути не нижчим 0,9.

Марка за морозостійкістю F – це число циклів наперемінного заморожування та відтавання будівельних виробів або зразків із матеріалів у насиченому водою стані при збереженні ними початкових фізичних і фізико-механічних властивостей у нормованих межах.

Залежно від призначення, до матеріалів висувають різні вимоги щодо морозостійкості. Так, рядова цегла повинна мати марку не менше $F15$, облицювальна – не менше $F25$, облицювальні вироби з граніту, габро, базальту – не менше $F50$, бетон гідротехнічних споруд – не менше $F200$.

Причиною підвищеного зволоження конструкції у перший період її служби може бути наявність будівельної вологи, наприклад, вологи розчину при кладці цегляних стін. У подальшому, зволоження конструкцій здійснюється вологою внутрішнього повітря або атмосферною вологою. Підвищене зволоження огорожувальних конструкцій може стати причиною ще більш інтенсивного зволоження внаслідок активізації конденсаційних і дифузійних процесів. Тому при проєктуванні конструкцій, важливо правильно оцінити її вологісний режим в умовах експлуатації будівлі. Такий режим залежить від вологості середовища, в якому знаходиться конструкція.

Атмосферне повітря завжди містить в собі деяку кількість вологи у вигляді водяної пари. Щоб виразити ступінь насичення повітря вологою, вводиться поняття відносної вологості повітря φ , %, яку визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100, \quad (2.48)$$

де e – дійсна пружність водяної пари, Па;

E – максимальна пружність водяної пари, що відповідає температурі повітря та його атмосферному тиску, Па.

При фіксованому атмосферному тиску максимальна пружність водяної пари залежить тільки від температури повітря. Якщо в замкнутому приміщенні з температурою t_a і вологістю φ_a знижується температура, то пружність водяної пари e не змінюється, а максимальна пружність E зменшується і при деякій температурі t_p буде дорівнювати e . Цю температуру t_p називають **точкою роси**.

Оскільки, у холодний період року в будівлях, що опалюються, температура поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій з боку приміщень, зазвичай, нижче температури повітря приміщень необхідно забезпечити на поверхні огорожувальних конструкцій температуру вище температури точки роси, t_p .

Для визначення температури точки роси t_p в приміщеннях можна користуватися таблицею додатку 2.6. За значенням температури внутрішнього повітря в приміщенні визначають максимальну пружність водяної пари. Наприклад, для житлових будинків при $t_a = 20^\circ\text{C}$ максимальна пружність буде дорівнювати $E = 2338$ Па.

Пружність водяної пари в приміщенні визначається за формулою:

$$e = \frac{\varphi_n \cdot E}{100}, \quad (2.49)$$

де φ_n – відносна вологість внутрішнього повітря, %, розрахункове значення якого для житлових будинків дорівнює 55%.

Таким чином, пружність водяної пари в приміщенні житлових будинків при $t_n = 20^\circ\text{C}$ і $\varphi_n = 55\%$ буде дорівнювати $e = \frac{55 \cdot 2338}{100} = 1285,9 \text{ Па}$, а точка роси $\tau_p = 10,7^\circ\text{C}$.

Конденсат на площині внутрішньої поверхні зовнішньої огорожувальної конструкції буде утворюватися, якщо температура її внутрішньої поверхні буде менше або дорівнювати температурі точки роси:

$$t_n \leq \tau_p \quad (2.50)$$

де t_n – температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^\circ\text{C}$;

τ_p – точка роси в приміщенні, $^\circ\text{C}$.

За характером взаємодії з водою тверді будівельні матеріали поділяють на змочувальні (гідрофільні), до яких відносяться деревина, гіпс, силікатна цегла, ніздрюваті бетони тощо, та на незмочувальні (гідрофобні), до яких відносяться бітуми, смоли, азбест, асфальт тощо.

Для більшості будівельних матеріалів характерна капілярно-пориста структура, особливості якої разом із ступенем змочування визначає характер взаємодії матеріалу з вологою при перебуванні його у повітряно-зволоженому середовищі або при контакті з водою. У результаті такої взаємодії змінюються фізико-механічні властивості будівельних матеріалів, виробів з них і окремих конструкцій будівель.

Волога, що поглинається пористим матеріалом із навколишнього повітря, називається *сорбційною* або *гігроскопічною*. При плюсових температурах із зниженням температури та збільшенням відносної вологості повітря поглинання матеріалом сорбційної вологи збільшується.

Кількість сорбційної вологи, поглинутої одиницею маси матеріалу при визначеній температурі та відносній вологості навколишнього повітря, залежить від фізичної структури, хімічного складу і ступеня змочування поверхні матеріалу вологою. Зволоження матеріалу при сталій рівновазі процесів вологообміну з навколишнім середовищем називається ваговою або рівноважною вологістю w та визначається за формулою:

$$w = \frac{P_c - P_n}{P_c} 100\%, \quad (2.51)$$

де P_c – вага абсолютно сухого зразка матеріалу (після сушильної шафи), кг;

P_n – вага зразка матеріалу, що знаходиться в природному повітряному середовищі, кг.

Особливості поглинання сорбційної вологи будівельними матеріалами, які знаходяться у повітряному середовищі з постійною температурою та послідовно зростаючою відносною вологістю, виражаються *ізотермами сорбції*.

Для матеріалів, які добре змочуються вологою (деревина, торфоізоляційні плити, фіброліт), верхня межа сорбційного насичення може складати 26...30% ваги матеріалу. Неорганічні матеріали, що не утримують гігроскопічних домішок (легкі та ніздрюваті бетони) можуть мати максимальне сорбційне зволоження 4...13%.

Для матеріалів, які не змочуються вологою (асфальт, бітуми), процес капілярної конденсації нехарактерний, а верхня межа сорбційного насичення може скласти 0,2...2%.

Проміжне положення займають будівельні матеріали з обмеженою змочувальністю (випалена цегла, піюскло, цементний камінь). Такий же характер ізотерм мають дуже щільні, хоча й більш змочувальні матеріали (вапняки, силікатна цегла). Верхня межа сорбційного насичення таких матеріалів складає 0,5...5%.

Від сорбційних властивостей будівельних матеріалів залежить кількість вологи, необхідна для зволоження повітряно-сухого матеріалу до повного сорбційного насичення, яке є допустимою верхньою межею зволоження конструкцій будівель.

Зволоження огорожувальних конструкцій відбувається через те, що взимку температура внутрішнього повітря значно вища від температури зовнішнього повітря, а тому максимальна пружність водяної пари з внутрішнього боку огорожувальної конструкції значно вища, ніж із зовнішнього. Внаслідок цього, відбувається дифузія водяної пари через огорожувальні конструкції: взимку із середини приміщень назовні, яка приводить до зволоження огорожень, а літню в зворотному напрямку, яка сприяє випаровуванню накопиченої вологи. Літній процес відбувається значно повільніше внаслідок меншої різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря.

Метою розрахунку вологісного стану огорожувальної конструкції є надання їй необхідних якостей, що гарантують відсутність конденсації вологи в її товщі взимку або відсутність накопичення вологи з роками.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будівель обов'язкове виконання умов:

$$\Delta w \leq \Delta w_{\text{доп}} \quad * \quad (2.52)$$

де Δw – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою;

$\Delta w_{\text{доп}}$ – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, % за масою, що встановлюється за таблицею 2.19 залежно від виду матеріалу.

Довустане за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу Δw_d , % у конструкції в холодний період року [15]

| Найменування матеріалу | Значення Δw_d , % |
|--|---------------------------|
| Мінераловатні та скловолокнисті вироби | 2,5 |
| Пінополістирол | 2,0 |
| Пінополіуретан | 3,0 |
| Плити з карбоніто-формальдегідних пінопластів | 7,0 |
| Нізарюваті бетони (газобетон, пінобетон, газосилікат тощо) | 1,2 |
| Бетони легкі | 1,2 |
| Вироби перлітові | 2,0 |
| Плити з природних органічних та неорганічних матеріалів | 7,0 |
| Вироби з керамзиту | 2,5 |
| Цегляне мурування | 1,5 |
| Піногазоскло | 1,5 |
| Мурування з силікатної цегли | 2,0 |
| Засипки з керамзиту, шунгізиту | 3,0 |
| Важкий бетон, цементно-піщаний розчин | 2,0 |

Зона конденсації визначається за характером розподілу парціального тиску водяної пари $e(x)$ і насиченої водяної пари $E(x)$ у товщі шарів огорожувальної конструкції. Парціальний тиск водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x , Па, визначається за формулою:

$$e(x) = e_a - \frac{e_a - e_s}{R_{cz}} \cdot R_{ex}, \quad (2.53)$$

де e_a – парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, Па, що визначається за розрахунковим значенням відносної вологості $\varphi_{вн}$ залежно від призначення будівлі за табл. 2.8 і значенням парціального тиску насиченої водяної пари E_a (визначається за табл. додатку 2.10), що залежить від температури внутрішнього повітря приміщення та визначається за формулою (2.48);

e_s – парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, що визначається за [51] для періоду найхолоднішого місяця року, Па;

R_{ex} – опір паропроникності огорожувальної частини від її внутрішньої поверхні до перерізу x , $m^2 \cdot год/Па/мг$;

R_{cz} – опір паропроникності огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot год/Па/мг$.

Паропроникність – це здатність матеріалу огорожувальних конструкцій пропускати водяну пару за наявності різниці тиску біля поверхонь огорожень, яка характеризується коефіцієнтом паропроникності μ , $мг/(м \cdot год \cdot Па)$.

При дифузії водяної пари через шар огорожувальної конструкції останній чинить опір потоку пари, який називають *опором паропроникності*. Опір паропроникності багатошарової огорожувальної конструкції дорівнює сумі опорів паропроникності шарів, які її складають, і повинен забезпечити недопустимість накопичення вологи в огорожувальній конструкції за період накопичення вологи у холодний період року.

Опір паропроникності огорожувальної конструкції та окремих її шарів розраховується за формулами:

$$R_{cz} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (2.54)$$

$$R_{cx} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} + \frac{x - \sum_{i=1}^m \delta_i}{\mu_{m+1}}, \quad (2.55)$$

де n – загальна кількість шарів у конструкції;

m – кількість повних шарів від внутрішньої поверхні до перерізу x ;

δ_i – товщина i -го шару, м;

μ_i – паропроникність матеріалу i -го шару, мг/(м год Па), що визначається за таблицею додатку 2.5;

μ_{m+1} – паропроникність матеріалу шару, мг/(м год Па), де розташований переріз x .

Парціальний тиск насиченої водяної пари $E(x)$, Па, визначається за таблицею додатку 2.11, яка відображає залежність $E(t)$ від розподілу температури в товщі конструкції $t(x)$, що розраховується за формулою:

$$t(x) = t_a - \frac{t_a - t_{ze}}{R_z} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_n} + R_x \right), \quad (2.56)$$

де t_a – розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні, що приймається за табл. 2.8;

t_{ze} – розрахункова температура зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції, що визначається за [51] для періоду найбільш холодного місяця року, °С;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²К), який приймається за табл. 2.10;

R_z – опір теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції, м²К/Вт;

R_x – опір теплопередачі частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до перерізу x , м²К/Вт.

Значення парціального тиску насиченої водяної пари, E_s , Па, для різних міст України за місяцями наведені у [51].

Конденсація вологи у зовнішній огорожувальній конструкції будівлі, що опалюється, за холодний період року відбуватися не буде, якщо $e(x) < E(x)$ для будь-якого $x \in [0, \delta]$, тобто будь-якого перерізу огорожувальної конструкції.

У разі, якщо $e(x) \geq E(x)$ для будь-якого з перерізів огорожувальної конструкції, проводиться розрахунок приросту вологи у шарі матеріалу Δw , у якому відбувається конденсація вологи (у разі розташування зони конденсації на межі шарів приріст розраховується для шару, прилеглого до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні), за формулою:

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_x \cdot \rho_x} \cdot 100, \quad (2.57)$$

де P – кількість вологи, що конденсується у товщі огорожувальної конструкції за період накопичення вологи в конструкції, $\text{кг}/\text{м}^2$, що розраховується за формулою:

$$P = \left(\frac{e_x - e_x}{R_{ex}} - \frac{e_x - e_x}{R_{ex} - R_{ex}} \right) \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad (2.58)$$

e_x – парціальний тиск водяної пари, Па, у зоні конденсації, що визначається за формулою (2.53);

R_{ex} – опір паропроникності частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до зони початку конденсації, $\text{м}^2 \cdot \text{год} / \text{Па} / \text{мг}$, що визначається за формулою (2.55);

R_{ex} – опір паропроникності огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{год} / \text{Па} / \text{мг}$, що визначається за формулою (2.54);

Z – період накопичення вологи в конструкції, год, що дорівнює періоду із середньодобовими температурами зовнішнього повітря менше ніж 8°C за [51];

δ_x – товщина шару матеріалу, м, у якому відбувається накопичення вологи, що конденсується (від зони конденсації до внутрішньої поверхні шару);

ρ_x – густина шару матеріалу, в якому відбувається конденсація вологи, $\text{кг}/\text{м}^3$, що визначається згідно з таблицею додатку 2.5.

Основними конструктивними заходами запобігання конденсації вологи в зовнішніх огорожувальних конструкціях є проєктування багатошарових конструкцій із різних матеріалів та раціональне їх розміщення. Найбільш доцільно розміщувати конструкційні матеріали з великою густиною, високою теплопровідністю та малою паропроникністю з внутрішнього боку огорожень (з боку приміщень), а теплоізоляційні з малою густиною, низькою теплопровідністю та великою паропроникністю – із зовнішнього боку огорожень (з боку фасадів) (рис. 2.23). Таке розміщення призводить до зменшення паропроникності огорожувальних конструкцій у напрямі зсередини приміщень назовні. При цьому максимальна пружність водяної пари у будь-якому місці огорожувальної

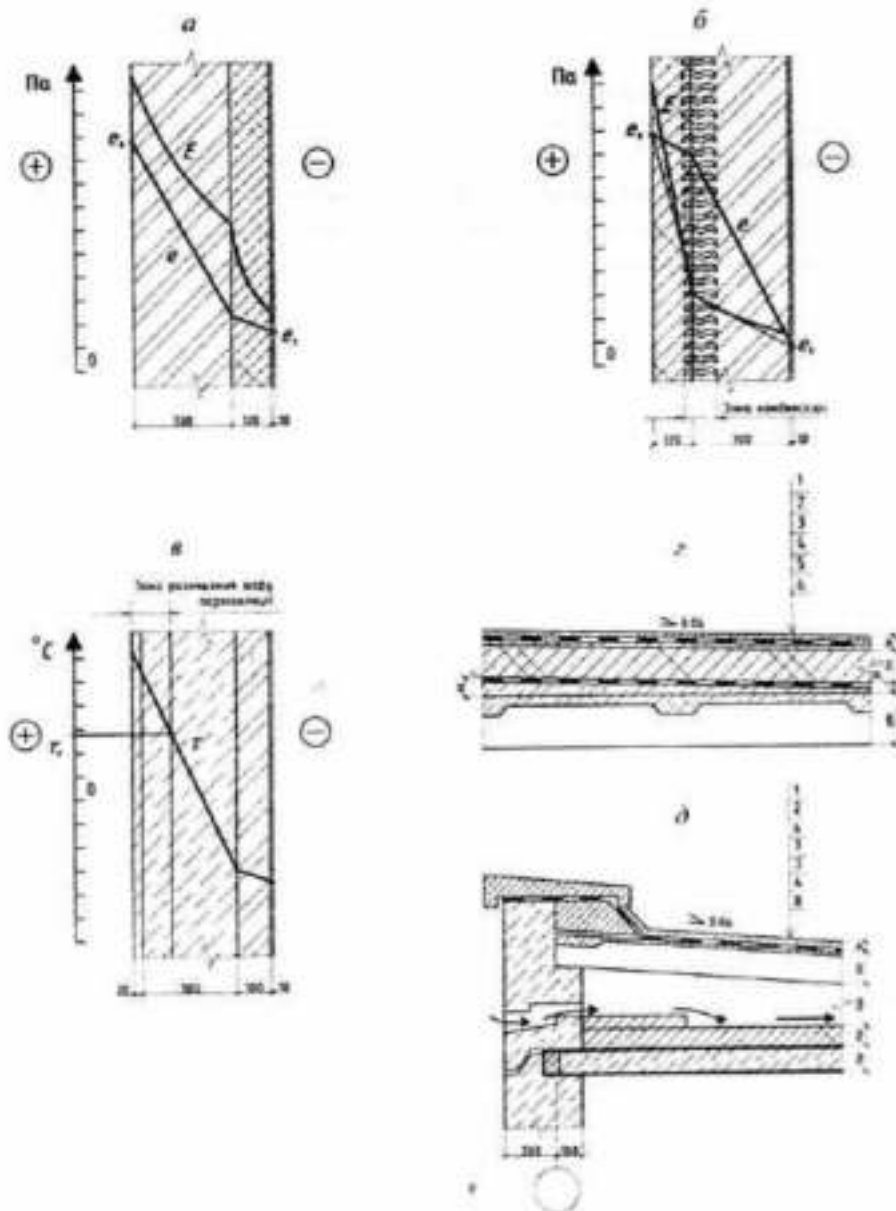


Рис. 2.23. Конструктивні заходи нормалізації вологого стану огорожувальних конструкцій:

a – зовнішня стіна з утеплювачем, розташованим із зовнішнього боку; *б* – те саме, із внутрішнього боку; *а* – визначення місця для розміщення шару пароізоляції; *z* – невітльоване покриття; *d* – вентилязоване покриття; 1 – два шари наплавленого руберойду; 2 – вирівнююча армована цементно-піщана стяжка, 30 мм; 3 – теплоізоляція, 150 мм; 4 – пароізоляція; 5 – керамзитобетон для створення ухилу; 6 – ребриста залізобетонна планка покриття, 300 мм; 7 – повітряний прошарок, 500 мм; 8 – залізобетонна багатопустотна плита горішнього перекриття, 200 мм

конструкції (лінія E) буде менше ніж дійсна пружність водяної пари (лінія e), що виключає можливість конденсації водяної пари. Розміщення теплоізоляційних матеріалів з внутрішнього боку огорожень може призвести до того, що лінії E та e перетнуться та з'являться умови для можливої конденсації водяної пари у товщі огороження. Для знаходження зони конденсації за товщиною огорожувальної конструкції будують лінії дійсної зміни пружності водяної пари. Для цього з точок на поверхнях огороження e_1 та e_2 проводять дотичні до лінії E . Зона конденсації водяної пари буде знаходитися між точками дотику (рис. 2.23, б).

При нераціональному розміщенні матеріалів за товщиною огороження, для захисту від конденсації у ній вологи необхідно використовувати пароізоляційні матеріали з низьким коефіцієнтом паропроонності. При цьому шар пароізоляції необхідно розміщувати в огорожувальній конструкції біля внутрішньої поверхні не далі площини, температура якої дорівнює точці роси (рис. 2.23, в).

При проєктуванні суміщених покриттів будівель, що опалюються, для забезпечення їх задовільного вологісного стану, необхідно враховувати наступні положення:

1. Для захисту теплоізоляційного шару від зволоження в будівлях, які опалюються із нормальним, вологим і мокрим режимами експлуатації необхідно нижче теплоізоляційного шару влаштовувати шар фарбувальної, прокладної або проклеєної плівкової пароізоляції, товщина якого визначається за розрахунками (рис. 2.23, з).

2. Основою під пароізоляційний шар повинна служити ретельно вирівняна поверхня несучих елементів (рис. 2.23, з, д).

3. Для запобігання руйнування пароізоляційного шару над стиковими сполученнями елементів покриття необхідно передбачити наклеювання рулонних накладок і компенсаторів.

4. У місцях примикання елементів покриття до стін, ліхтарів, шахт та інших конструкцій, що проходять через нього, пароізоляція повинна продовжуватися на висоту, що дорівнює товщині теплоізоляційного шару.

5. Основним заходом, що виключає конденсацію вологи в суміщених покриттях, є вентиляція їх товщі зовнішнім повітрям. Елементами вентиляційних систем можуть бути: повітряні прошарки над шаром теплоізоляції (рис. 2.23, д); компенсатори з осушувальними патрубками; продухи з карнизними і рядовими флюгерами; канали з магістральними флюгерами.

Проєктування плоских покриттів будівель і споруд передбачає прийняття різноманітних архітектурних рішень: неексплуатованих, експлуатованих з покриттям із рослинного шару, експлуатованих з покриттям із ФЕМів. На покриттях традиційних конструктивних рішень теплоізоляційний шар укладають на несучі конструкції по шару пароізоляції, а зверху його захищають від кліматичних впливів і механічних пошкоджень гідроізоляційним шаром.

Для збільшення довговічності гідроізоляційного шару плоских покриттів будівель і споруд розроблені конструктивні рішення *Інверсійних покриттів*, в яких теплоізоляційний матеріал розташовується по шару гідроізоляційної мембрани, а зверху по шару геотекстилю привантажується баластним шаром із гравію, тротуарних плиток, ґрунту із посадочним матеріалом, монолітного бетону, збірних залізобетонних плиток тощо (рис. 2.24).

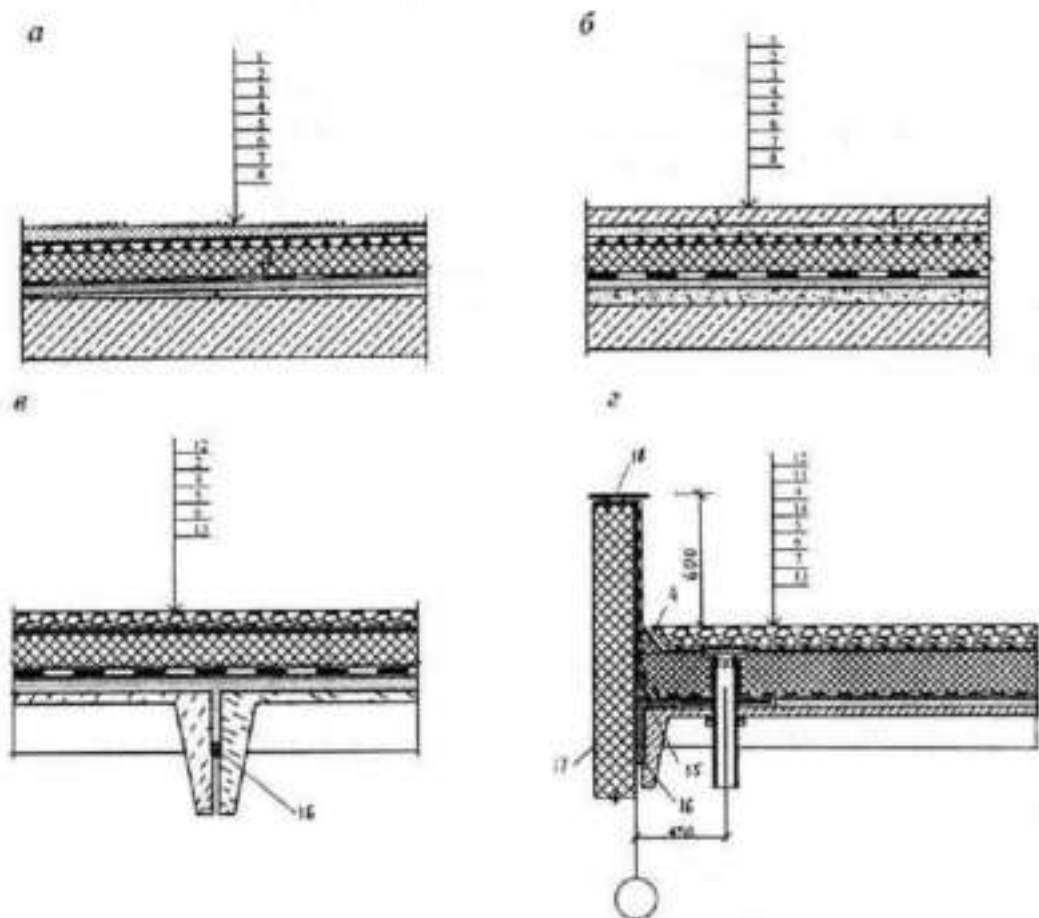


Рис. 2.24. Інверсійна покрівля:

a – експлуатована з покриттям із рослинного шару; *б* – те саме з покриттям із ФЕМіа; *в* – неексплуатована; *г* – влаштування водостічної лійки біля парапету; 1 – рослинний шар, 150 мм; 2 – фільтруючий шар із геотекстилю; 3 – профільована мембрана із пластику, 0,6 мм; 4 – екструдований пінополістирол, 150 мм; 5 – гідроізоляційний килим «FIRESTONE», 1,2 мм; 6 – вирівнююча цементно-піщана стяжка, 30 мм; 7 – керамзитобетон або полістиролбетон для створення уклону; 8 – залізобетонна монолітна плита покриття, 200 мм; 9 – ФЕМіа (тротуарна плитка), 40 мм; 10 – крупнозернистий пісок, 20 мм; 11 – термічно скріплений геотекстиль; 12 – шар гравію для привантаження, 100 мм; 13 – залізобетонна ребриста плита покриття, 300 мм; 14 – додатковий шар гідроізоляційного килиму «FIRESTONE»; 15 – цементно-піщаний розчин, 20 мм; 16 – циліндрична ущільнююча прокладка із спіненого поліетилену; 17 – сандвіч-панель; 18 – металевий фартух

В якості теплоізоляційного шару, в інверсійних покрівлях використовують плити із екструдованого пінополістиролу, які завдяки екструзії мають однорідну структуру із герметичними комірками. Саме завдяки такій структурі плити на основі екструдованого пінополістиролу мають високу міцність на стиск при 10% лі-

нійній деформації (200...500 кПа); малу густина (20...80 кг/м³); низький коефіцієнт теплопровідності (0,028...0,041 Вт/мК); практично нульове водопоглинання (0,3...0,5%); стійкість до циклів заморожування та відтавання.

Позитивні якості інверсійних покрівель:

- можливість влаштування експлуатованих покриттів, навіть із доступом для руху автотранспорту на майданчиках паркування завдяки високим характеристикам міцності плит із екструдованого пінополістиролу;

- висока довговічність, тому що гідроізоляційний шар захищений від механічних і температурних впливів навколишнього середовища, впливів ультрафіолетового випромінювання та відповідних деформацій;

- гідроізоляційний шар в інверсійних покрівлях виконує одночасно і функцію пароізоляції від вологи внутрішніх приміщень у будівлях;

- при реконструкції існуючих плоских покриттів доцільність влаштування інверсійних покрівель над існуючими (концепція «подвійного даху»).

2.2.9. Визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій

Повітропроникність або інфільтрація повітря через огорожувальні конструкції будівель відбувається під впливом різниці загальних тисків Δp на протилежні поверхні конструкції. Різниця тисків виникає при різних температурах внутрішнього та зовнішнього повітря під впливом вітру та теплового напору. Інфільтрація холодного зовнішнього повітря може привести до значних змін теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій.

Інфільтрація – це проникнення холодного повітря всередину будівлі через щілини та нещільності огорожувальних конструкцій, а також через пори матеріалів, з яких ці огороження виконані. Інфільтрація повітря не повинна викликати дискомфортні зміни мікроклімату в приміщеннях будівель. У гігієнічному відношенні сприятливим є рух повітря із швидкістю 0,05...0,07 м/с у холодний період року та 0,1...0,2 м/с – влітку.

Величина теплового напору залежить від різниці температур, а також від висоти приміщення або будівлі та зростає із її збільшенням. У нижній частині приміщення або нижніх поверххах будівлі через прорізи чи нещільності огорожувальних конструкцій відбувається приплив зовнішнього холодного повітря всередину приміщень, а у верхній частині або верхніх поверххах – витяжка теплого повітря із приміщень назовні, **ексфільтрація**. Між нижньою і верхньою частинами приміщення або будівлі знаходиться нейтральна зона – умовна горизонтальна площина, для якої внутрішній тиск у конкретний момент часу дорівнює зовнішньому, а тому інфільтрація на рівні цієї площини не відбувається (рис. 2.25).

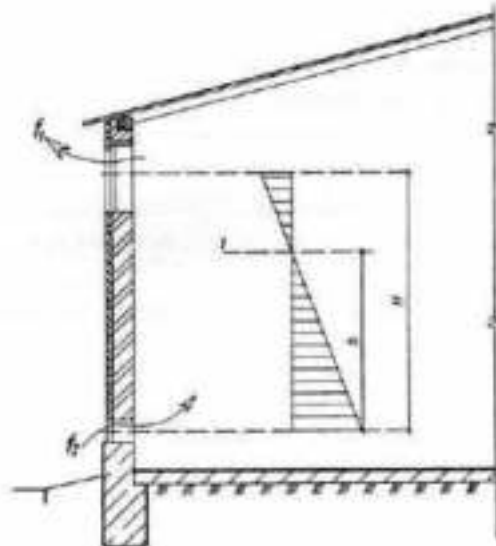


Рис. 2.25. Положення нейтральної поверхні у приміщенні: l – нейтральна поверхня в холодний період року; f_1 – площа витяжних прорізів; f_2 – площа припливних прорізів

Густина холодного повітря ρ_s , кг/м^3 , більше густини теплого повітря ρ_w , а тому величину різниці тисків, яка виникає під впливом теплового напору Δp_t , можна визначити за формулою:

$$\Delta p_t = h \cdot (\rho_s - \rho_w), \quad (2.59)$$

де h – вертикальна відстань від нейтральної поверхні до ділянки огорожувальної конструкції, що розглядається в приміщенні або будівлі.

При тепловому напорі та відсутності вітру висота розташування нейтральної поверхні h над припливними прорізами визначається за формулою:

$$h = H \frac{f_1^2}{f_1^2 + f_2^2}, \quad (2.60)$$

де H – найбільша відстань між центрами припливних і витяжних прорізів, м;
 f_1 і f_2 – відповідно площі відкритих витяжних і припливних прорізів (кватирок, вікон) огорожувальних конструкцій, м^2 .

У холодний період року, з метою збереження тепла в приміщеннях будівлі, припливні прорізи відкриваються обмежено, а тому площа витяжних прорізів f_1 зазвичай, перевищує площу припливних прорізів f_2 . У зв'язку із цим, положення нейтральної поверхні зміщується до верху і огорожувальні конструкції нижньої частини приміщення або нижніх поверхів будівлі у більшому ступені зазнають впливу надлишкового зовнішнього тиску, який викликає інфільтрацію. Враховуючи таке зміщення, надлишковий тиск при розрахунках інфільтрації повітря через огорожувальні конструкції визначається за формулою:

$$\Delta p_s = 0,7H \cdot (\rho_n - \rho_a). \quad (2.61)$$

Різниця тисків при сильному вітрі може бути більше надлишкового тиску при тепловому напорі. Повний динамічний тиск вітру P на площину, перпендикулярну до його напрямку, визначається за формулою:

$$P = \frac{v^2 \cdot \gamma_a}{2 \cdot g}, \quad (2.62)$$

де v – швидкість вітру, м/с;

γ_a – питома вага зовнішнього повітря, Н/м³;

g – прискорення сили тяжіння, яке дорівнює 9,81 м/с².

Для статичного тиску вітру на зовнішню поверхню огорожувальних конструкцій складає тільки частину повного динамічного тиску. Ця частина тиску та її знак (додатній або від'ємний тиск) визначається аеродинамічним коефіцієнтом C_{over} .

Аеродинамічний коефіцієнт – це безрозмірна величина, менше одиниці, що являє ту частину повного динамічного вітрового тиску, який переходить у статичний, на огорожувальній поверхні будівлі, що розглядається.

Перепад тиску визначається різницею аеродинамічних коефіцієнтів C_{e1} і C_{e2} (для навітряного і підвітряного фасадів), які залежать від форми будівлі та напрямку вітру.

Для вертикальних поверхонь та таких, які відхиляються від вертикальних не більше як на 15°, при перпендикулярних до них напрямках вітру, значення аеродинамічних коефіцієнтів дорівнюють: для навітряного боку $C_{e1} = +0,8$; для підвітряного боку $C_{e2} = -0,6$ [14].

При розрахунках інфільтрації від сумісної дії вітру і теплового напору розраховується сума відповідних різниць тиску.

Таким чином, повітропроникність огорожувальних конструкцій – це важливий фактор у забезпеченні оптимального температурного і вологісного режиму приміщень. Він може бути корисним або шкідливим.

Інфільтрація може створювати неорганізований і некерований процес повітрообміну в приміщеннях будівель. При незначному об'ємі такий повітрообмін виконує корисну роботу: вилучає надлишкову вологу із огорожувальних конструкцій і зменшує вологість внутрішнього повітря. Надмірна інфільтрація призводить до охолодження приміщень та зниження їх комфортності. У приміщеннях, де необхідне кондиціонування повітря (створення штучного клімату), інфільтрація недопустима.

Опір повітропроникності огорожувальної конструкції – це опір її шарів інфільтрації повітря, який визначається різницею тисків повітря на її зовнішніх і внутрішніх поверхнях, при якій через 1 м² конструкції за одиницю часу проникає 1 кг повітря. Він повинен бути не меншим від допустимих значень, які визначаються за будівельними нормами [15].

Опір повітропроникності огорожувальних конструкцій визначається для всіх опалюваних будівель. Обов'язковим є виконання умов:

$$R_g \geq R_{gmin} \quad (2.63)$$

де R_g – опір повітропроникності огорожувальної конструкції, м² год Па/кг;

$R_{z,i}$ – необхідний опір повітропроникності, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Для непрозорих огороджувальних конструкцій необхідний опір повітропроникності на i -му поверсі, для якого виконується розрахунок, визначається за формулою:

$$R_{z,i} = \frac{\Delta p}{G_z}, \quad (2.64)$$

де Δp – розрахункова різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях огороджувальних конструкцій, Па, яка визначається за формулою:

$$\Delta p = (H - h_i) \cdot (\gamma_n - \gamma_w) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot v^2 \cdot \beta_v, \quad (2.65)$$

де H – висота будівлі (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огороджувальної конструкції i -го поверху, для якого виконується розрахунок, м;

γ_n, γ_w – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, $\text{Н} / \text{м}^3$, що розраховується за формулами:

$$\gamma_n = \frac{3463}{273 + t_n}, \quad (2.66)$$

$$\gamma_w = \frac{3463}{273 + t_w}, \quad (2.67)$$

де t_n – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, що приймається за табл. 2.20, залежно від температурної зони;

t_w – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, що приймається залежно від призначення будівлі, за табл. 2.8;

v – максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, повторюваність яких складає 16% і більше, прийнята згідно [51];

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається за табл. 2.21;

G_z – допустима повітропроникність огороджувальної конструкції, що встановлюється згідно з табл. 2.22, залежно від виду огороджувальної конструкції.

Таблиця 2.20

Розрахункові температури зовнішнього повітря [15]

| Температурна зона | I | II | III | IV |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ | Мінус 22 | Мінус 20 | Мінус 18 | Мінус 12 |

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря, β_v , залежно від висоти будівлі [15]

| Висота будівлі, h , м | Коефіцієнт β_v , залежно від характеристики місцевості | | |
|----------------------------|--|------|------|
| | A | B | C |
| < 5 | 0,75 | 0,50 | 0,40 |
| 10 | 1,00 | 0,65 | 0,40 |
| 20 | 1,25 | 0,85 | 0,55 |
| 40 | 1,50 | 1,10 | 0,80 |
| 60 | 1,70 | 1,30 | 1,00 |
| 80 | 1,85 * | 1,45 | 1,15 |
| 100 | 2,00 | 1,60 | 1,25 |
| 150 | 2,25 | 1,90 | 1,55 |
| 200 | 2,45 | 2,10 | 1,80 |
| 250 | 2,65 | 2,30 | 2,00 |
| 300 | 2,75 | 2,50 | 2,20 |
| 350 | 2,75 | 2,75 | 2,35 |

Примітка 1. А – відкрите узбережжя моря, озера, водосховища, поле.

В – територія з рівномірно розташованими перешкодами заввишки понад 10 м.

С – місцевість із розташованими будівлями заввишки понад 25 м.

Примітка 2. Будівля вважається розташованою на місцевості даного типу, якщо ця місцевість є незмінною з навітряного боку будівлі на відстань до 30h при висоті будівлі до 60 м та 2 км – при більшій висоті будівлі.

Допустимі значення повітропроникності огорожувальних конструкцій, G_n , кг/(м² год) [15]

| Вид огорожувальної конструкції | Значення G_n , кг/(м ² год) |
|---|---|
| Зовнішні непрозорі конструкції житлових і громадських будівель | 0,5 |
| Зовнішні непрозорі конструкції промислових будівель | 1,0 |
| Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій житлових і громадських будівель | 0,5 |
| Стики між елементами (панелями) непрозорих конструкцій промислових будівель | 1,0 |
| Світлопрозорі конструкції житлових і громадських будівель, промислових будівель із кондиціонуванням приміщень | 6,0 |
| Світлопрозорі конструкції промислових будівель | 10,0 |
| Вхідні двері до квартир | 1,5 |

Виконання умови (2.63) для непрозорих огорожувальних конструкцій перевіряється за результатами наступних розрахунків.

Опір повітропроникності непрозорих огорожувальних конструкцій розраховується за формулою:

$$R_{z\text{нп}} = \sum_{i=1}^N R_{z_i}, \quad (2.68)$$

де R_{z_i} – опір повітропроникності i -го шару конструкції, $\text{м}^2\text{годПа/кг}$, приймається за табл. 2.23.

Найбільш інтенсивно інфільтрація холодного повітря в приміщення будівель відбувається через вікна, двері, вітражі, zenітні ліхтарі. Необхідний опір повітропроникності світлопрозорих конструкцій $R_{z\text{сп}}$, $\text{м}^2\text{годПа/кг}$, визначається за формулою:

$$R_{z\text{сп}} = \frac{(\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}}{G_{z\text{сп}}}, \quad (2.69)$$

де $\Delta p_0 = 10$ Па – різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях світлопрозорої конструкції, за якою визначається масова повітропроникність світлопрозорої конструкції під час випробувань.

Виконання умови (2.63) для світлопрозорих огорожувальних конструкцій перевіряється за результатами випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.6-18.

Опір повітропроникності світлопрозорих огорожувальних конструкцій $R_{z\text{сп}}$ визначається за формулою:

$$R_{z\text{сп}} = \frac{(\Delta p / \Delta p_0)^n}{G_{z\text{сп}}}, \quad (2.70)$$

де n – показник режиму фільтрації світлопрозорої конструкції, отриманий за результатами випробувань;

Δp – розрахункова різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях огорожувальних конструкцій, Па, яка визначається за формулою (2.65);

$G_{z\text{сп}}$ – повітропроникність світлопрозорої конструкції, $\text{кг}/(\text{м}^2\text{год})$, при $\Delta p_0 = 10$ Па, отримана за результатами випробувань, проведених акредитованими лабораторіями.

Для забезпечення однократного повітрообміну в житлових кімнатах, кухнях і приміщеннях чергового персоналу житлових будинків [13] у разі, якщо $R_{z\text{сп}} \geq R_{z\text{сп}}^{\text{н}} \cdot n$ п'ять і більше разів, слід застосовувати модифікації вікон із вбудованими пристроями провітрювання при встановленні вікон без кватирок та з герметичним притулом.

Значення опору повітропроникності будівельних матеріалів і виробів
 R_e , м²год Па/кг [15]

| Матеріали та конструкції | Товщина шару, мм | Опір повітропроникності R_e , м ² год Па/кг |
|---|------------------|--|
| Бетон суцільний | 100 | 19620 |
| Газо- та пінозолобетон суцільний | 140 | 21 |
| Вапняк-черепашник | 500 | 6 |
| Картон будівельний | 1,3 | 64 |
| Цегляне мурування із суцільної цегли на цементно-піщаному розчині завтовшки в дану цеглину та більше | 250 і більше | 18 |
| Цегляне мурування із суцільної цегли на цементно-піщаному розчині завтовшки в половину цеглини | 120 | 2 |
| Цегляне мурування із суцільної цегли на цементно-шлаковому розчині завтовшки в одну цеглину та більше | 250 і більше | 9 |
| Цегляне мурування із суцільної цегли на цементно-шлаковому розчині завтовшки в половину цеглини | 120 | 1 |
| Цегляне мурування із керамічної порожнистої цегли на цементно-піщаному розчині завтовшки в половину цеглини | 120 | 2 |
| Мурування із легкобетонного каменя на цементно-піщаному розчині | 400 | 13 |
| Мурування із легкобетонного каменя на цементно-шлаковому розчині | 400 | 1 |
| Листи азбестоцементні із закладанням швів | 8 | 196 |
| Обшивка з обрізних дошок, які з'єднані впритул у чверть або шпунт | 20...25 | 1,5 |
| Обшивка з гіпсової сухої штукатурки із герметизацією швів | 10 | 20 |
| Нідрюватий бетон автоклавний | 100 | 1960 |
| Нідрюватий бетон неавтоклавний | 100 | 196 |
| Пінополістирол | 50...100 | 79 |
| Піноскло суцільне | 120 | Повітропроникне |
| Плити мінераловатні жорсткі | 50 | 2 |
| Руберойд | 1,5 | Повітропроникне |
| Плити фанерні клесні | 3...4 | 2940 |
| Штукатурка на цементно-піщаному розчині по кам'яному або цегляному муруванню | 15 | 373 |
| Штукатурка вапняна по кам'яному або цегляному муруванню | 15 | 142 |
| Повітряні прошарки, мати та плити м'які з мінеральної вати і пухких матеріалів, засівки з керамзиту, піску тощо | Незалежно | 0 |

При проектуванні огорожувальних конструкцій будівель треба пам'ятати, що інтенсивна фільтрація холодного зовнішнього повітря взимку відбувається через стики між окремими елементами будівель. Тому для зменшення повітропроницності огорожувальних конструкцій необхідно [40]:

1. Ретельно шпарувати стики між віконними, дверними коробками та зовнішніми стінами із використанням монтажною піни, конопатки, герметизуючих мастик і пружних прокладок.

2. У панельних будівлях герметизувати: горизонтальні стики між панелями прокладками із герніту чи пороізолу та герметизуючими мастиками; вертикальні закриті та дренажні стики – волого- та повітрозахисними стрічками із біостійкого руберойду, наїрїту, гуми, герметизуючими мастиками; відкриті вертикальні стики – водовідбійними екранами із алюмінієвої, неопренової або гумової стрічки.

2.2.10. Основи аерації будівель

Аерація – це організований та керований природний обмін повітря між внутрішнім і зовнішнім простором будівлі, який відбувається за рахунок різниці об'ємної ваги зовнішнього та внутрішнього повітря і впливу вітру на огорожувальні конструкції.

У житлових і нежитлових будівлях аерація забезпечує виділення зайвих концентрацій вуглекислого газу, водяної пари та пилу, на якому скупчуються хвороботворні бактерії. Із виробничих приміщень промислових будівель шляхом аерації видаляються шкідливі гази, аерозолі, надлишкове тепло і волога.

Забруднення повітряного середовища виникає у результаті: фізіологічних процесів, які відбуваються в організмі людини (виділення вуглекислого газу, випаровування поту), використання побутових пристроїв (установок опалення, газових плит, електричних прасок), виділення запахів будівельними конструкціями та накопичення пилу.

Очищення повітряного середовища частково досягається при повітрообміні з допомогою вентиляційних витяжних каналів, інфільтрації повітря через нещільності вікон і дверей та провітрювання приміщень через кватирки і фрамуги вікон.

Повітрообмін – це показник якості системи вентиляції закритого приміщення, визначається об'ємом повітря, що подається в приміщення або видаляється з нього в одиницю часу.

Усі приміщення житлових будинків, які мають природне освітлення, повинні бути забезпечені провітрюванням через стулки вікон або кватирки [13].

У житлових будинках, які проектується для ШБ, ШВ і IVB кліматичних підрайонів України, квартири повинні бути забезпечені наскрізним або кутовим провітрюванням, допускається також вертикальне провітрювання через *шахти для провітрювання*. У секційних будинках, що проектується для ШБ і ШВ кліматичних підрайонів, допускається провітрювання однобічно розташованих одно- і двокімнатних квартир через бокові прорізи еркерів, ризалітів або інших провітрюваних приміщень, які розміщені позаквартирно (рис. 2.26). У будинках коридорного типу допускається провітрювання одно- і двокімнатних квартир через загальні коридори довжиною не більше 24 м, які мають пряме природне освітлення і наскрізне або кутове провітрювання [13].



Рис. 2.26. Схеми провітрювання квартир: а – у секційних будинках; б – у будинках точкового типу; в – у коридорно-секційному будинку; 1 – наскрізне; 2 – наскрізне через сходову клітку; 3 – кутове; 4 – наскрізне через прорізи на різних поверхах; 5 – сходові клітка; 6 – коридор.

Шахта для провітрювання – це захищений вентиляційними ґратами порожнистий вертикальний простір на висоту будинку з горизонтальним перерізом не менше $1/30$ загальної площі усіх провітрюваних квартир на поверсі.

Схеми обміну повітря в приміщеннях житлових будинків наведені на рис. 2.27.

У масовому житловому будівництві прийнята наступна схема вентилявання квартир: відпрацьоване повітря видаляється безпосередньо із зони його найбільшого забруднення (кухні та санітарних приміщень) через природну **витяжну каналну вентиляційну систему**. Його заміна відбувається за рахунок зовнішнього повітря, що потрапляє через нещільності зовнішніх огорожень приміщень квартири (головним чином віконних заповнень), яке нагрівається системою опалення. Таким чином відбувається повітрообмін в усьому об'ємі квартири.

Із кожної кухні та санітарного вузла має проектуватися індивідуальний вертикальний витяжний канал з випуском повітря в атмосферу або в збірну шахту для провітрювання [13]. Допускається вентиляційні канали однієї квартири приєднувати до збірної вентиляційної шахти вище витяжних ґрат не менше ніж на 2 м.

Для здійснення організованого притоку зовнішнього повітря в приміщення житлових будинків рекомендується використовувати регульовані припливні пристрої. В якості одного з можливих варіантів використовуються щілинноподібні вентиляційні клапани, що встановлюють у верхній частині віконної рами, які регулюються механічним шляхом відкривання і закривання засувки. В конструкціях сучасних вікон із ПВХ передбачаються спеціальні вентиляційні клапани.

Витяжна вентиляція багатоповерхових житлових будинків із природним спонуканням виконується у відповідності зі схемами зображеними на рис. 2.27, е. Вентиляційна система утворюється з уніфікованих за висотою будинку поверхових вентиляційних блоків. Підвищення експлуатаційної надійності системи природної витяжної вентиляції досягається при використанні однієї вертикалі витяжних каналів на квартиру шляхом використання об'єднаних блоків.

Видалення повітря в атмосферу здійснюється:

- при холодному горнищі через вентиляційні блоки, що завершують кожен вертикаль витяжних каналів, які проходять транзитом через горнище приміщення;
- при теплому або відкритому горнищі через загальну витяжну шахту, яку розміщують у центральній частині секції будинку. При цьому повітря з витяжних каналів усіх квартир потрапляє в об'єм горнища через оголовки вентиляційних блоків.

Витяжна вентиляція малоповерхових житлових будинків також проектується переважно із природним спонуканням. Витяжні канали розміщуються у внутрішніх стінах будинків (рис. 2.27, е) або примикають до них. Ділянки витяжних каналів, що прокладаються над покрівлею, на холодному горнищі, а також поблизу поверхні зовнішніх стін, необхідно проектувати із тепловою ізоляцією, що виключає випадання конденсату при відносній вологості витяжного повітря до 70% [13].

Витяжні вентиляційні системи із природним спонуканням повинні проектуватися з викидом повітря над покрівлею у місцях, де виключається виникнення зон вітрового підпору. Вентиляція вбудованих в житлові будинки нежитлових приміщень повинна бути автономною [13].

В останні роки, за рахунок використання огорожувальних конструкцій та вікон із високими теплозахисними характеристиками та низькою повітропроникністю, спостерігається тенденція до суттєвого збільшення герметичності будівель, що призводить до зниження інфільтрації та повітрообміну. Це є причиною для обладнання будівель системою механічної вентиляції, яка на відміну від природної, забезпечує гарантований повітрообмін у приміщеннях при будь-яких погодних умовах. Для забезпечення надходження в приміщення зовнішнього повітря, що відповідає за об'ємом кількості видаленого, використовують приточні пристрої, вбудовані у віконні коробки. Відпрацьоване повітря вилучається з приміщень через витяжні пристрої з автоматичним регулюванням, які забезпечують проходження через них постійних розрахункових витрат повітря. Для утилізації тепла, вилученого з повітря, у витяжних пристроях передбачається теплообмінник-утилізатор, через який проходить відпрацьоване повітря, охолоджується та вилучається в атмосферу. Тепло, вилучене з повітря використовується для забезпечення гарячого водопостачання. Підвищені енерговитрати на роботу вентиляторів компенсуються за рахунок утилізації тепла, видаленого повітря, за допомогою теплонасосних установок.

У *примусових припливно-витяжних системах вентиляції* повітря до приміщень потрапляє через припливні камери, де воно у залежності від вимог, попередньо підігрівається або охолоджується, зволожується, очищується від пилу тощо.

У промислових будівлях із надлишковими тепловиділеннями (прокатні та мартенівські цехи, ковальські, ливарні тощо) зовнішнє повітря надходить через вікна, а використане (забруднене) видалюється через аераційні ліхтарі. Для регулювання потоку повітря ступки ліхтарів обладнують пристроями, керованими з підлоги.

2.3. Будівельна світлотехніка

2.3.1. Основні поняття та визначення

Світлологія – це область науки про світлове середовище в будівлях і спорудах, яке займається дослідженнями закономірностей поширення світла, гігієною світла та його впливом на фізіологічний і психологічний стан організму людини, виміром характеристик випромінювання, розробкою способів генерації та просторового перерозподілу і перетворення енергії світла в інші види енергії.

Важливе місце посідає інформаційний аспект світла. Інформацію про навколишнє середовище людина отримує переважно через органи зору, а тому пізнання закономірностей освітлення приміщень і робочих поверхонь у них відіграє велику функціональну та технічну роль. Приміщення та території забудови можуть освітлюватися природним, тобто денним світлом, а із настанням присмерку – джерелами штучного освітлення. Денне освітлення вивчається в умовах захмареного неба за режимом МКО (Міжнародної комісії з освітлення). Вивчення закономірностей надходження прямих сонячних променів до приміщень та їхніх фізико-біологічних властивостей належить до розділу світлології – інсоляції. Джерелом природного світла та інсоляції є Сонце [50].

Випромінювання – це особлива форма матерії з масою спокою, що дорівнює нулю, яка рухається у безповітряному просторі зі сталою швидкістю $299,792 \cdot 10^9$ м/с. **Проміневою енергією** називають енергію випромінювання будь-яких тіл із температурою поверхні, вищою за температуру абсолютного нуля.

Енергія випромінювання Q_e вимірюється у джоулях (Дж). Для практичного оцінювання променевої енергії використовують поняття променевого потоку Φ_e , що випромінює енергію за одну секунду, вимірюється у ватах, Вт:

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (2.71)$$

Величину відносної спектральної світлової ефективності випромінювання, отриману за показаннями селенового приймача із нормальною спектральною чутливістю, називають **світловим потоком**, який вимірюють у люменах, лм:

$$\Phi_v = K_m \int \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda, \quad (2.72)$$

де K_m – коефіцієнт приймача світлового потоку;

$d\Phi_e$ – потік випромінювання світла в інтервалі довжини хвиль від λ до $\lambda + d\lambda$;

$V(\lambda)$ – відносна спектральна світлова ефективність;

λ – довжина світлової хвилі, нм (1 нанометр дорівнює 10^{-9} м).

Люмен – це світловий потік, що випромінюється рівномірним точковим джерелом світла у тілесному куті 1 ср (стерадіан) за сили світла 1 кд (кандела).

Сила світла характеризується відношенням світлового потоку, що надходить від джерела і розподіляється в середині елементарного тілесного кута із заданим напрямком, до величини цього елементарного кута, кд:

$$I_v = \frac{d\Theta_v}{d\Omega}, \quad (2.73)$$

де $d\Theta_v$ – світловий потік, лм;

$d\Omega$ – елементарний просторовий кут, ср.

Одиниця сили світла – кандела (кд) є силою світла у заданому напрямку від джерела, яке випромінює монохромне випромінювання частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого у цьому напрямку становить $1/683$ Вт/ср [50].

Тілесний кут – це частина простору, обмежена конічною поверхнею з однією виміру у стерadianах (ср), яку визначають за формулою:

$$\Omega = S / r^2, \quad (2.74)$$

де S – площа, m^2 , яку тілесний кут вирізає на поверхні сфери, описаної з вершини, радіусом r , м.

Важливою векторною величиною, яку безпосередньо людина сприймає оком, є яскравість.

Яскравість елемента поверхні (рис. 2.28) є поверхнева густина сили світла у заданому напрямку, яку визначають відношенням сили світла цього елемента до площі проєкції елемента на площину, перпендикулярну до заданого напрямку, $кд/м^2$:

$$L_v = \frac{dI_v}{dS \cos \varphi}, \quad (2.75)$$

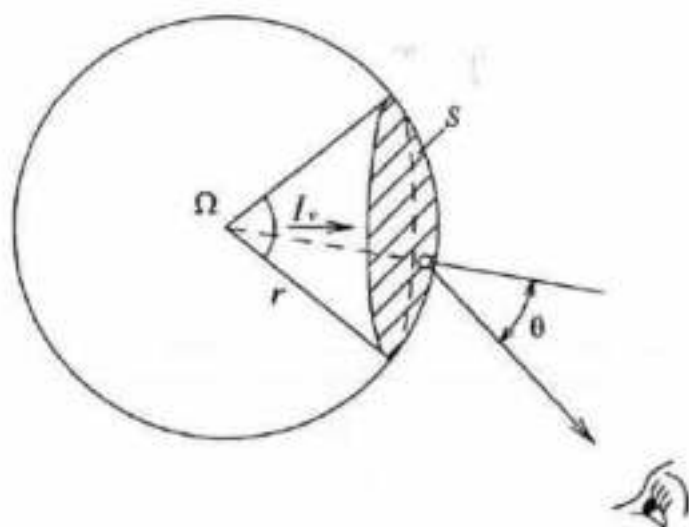


Рис. 2.28. Яскравість елемента поверхні

Освітленість у точці поверхні визначають відношенням світлового потоку, що падає на елемент поверхні із заданою точкою M , до площі цього елемента, як:

$$E_M = \frac{d\Theta_v}{dA}, \quad (2.76)$$

де dA – елемент світної поверхні з точкою M .

Освітленість 1 лк створюється світловим потоком 1 лм, який рівномірно розподілений на поверхні площею 1 м^2 .

Яскравість у точці M поверхні приймача у заданому напрямку є відношенням освітленості створеної в точці приймача на площині, перпендикулярній до заданого напрямку, до елементарного тілесного кута, в якому замкнений світловий потік, що створив цю освітленість, $\text{кд}/\text{м}^2$:

$$L_v = \frac{dE_v}{d\Omega}, \quad (2.77)$$

Плоска поверхня спостереження випромінює світло з однаковою яскравістю в усіх напрямках за законом косинуса [50]. Для таких поверхонь краще визначати поверхневу щільність випромінюваного ними світлового потоку *світністю*, що є відношенням світлового потоку, випромінюваного елементом поверхні із заданою точкою, до площі цього елемента, $\text{лм}/\text{м}^2$:

$$M_p = \frac{d\Theta_v}{dA} = \int L_v \cdot \cos \Theta \, d\Omega. \quad (2.78)$$

Якщо коефіцієнт світловідбиття від поверхні позначити ρ , а відбитий потік від площини Θ_p , $\text{лм}/\text{м}^2$, тоді за рівномірного висвітлення поверхні:

$$M = \frac{\Theta_p}{S} = E \cdot \rho. \quad (2.79)$$

У цьому разі між яскравістю та освітленістю поверхні буде залежність, $\text{кд}/\text{м}^2$:

$$L_v = \frac{E \cdot \rho}{\pi}. \quad (2.80)$$

Якщо світловий потік проникає крізь світлотехнічне матове скло із коефіцієнтом пропускання τ , яскравість поверхні скла, $\text{кд}/\text{м}^2$, визначають залежністю:

$$L_v = \frac{E \cdot \tau}{\pi}. \quad (2.81)$$

За характером розподілу світлових потоків, відбитих поверхнею або пропущених крізь прозоре тіло, розрізняють такі їх види (рис. 2.29):

– напрямлене світловідбиття або світлопропускання від дзеркальних чи полірованих і металевих поверхонь, або світлопропускання крізь звичайне скло;

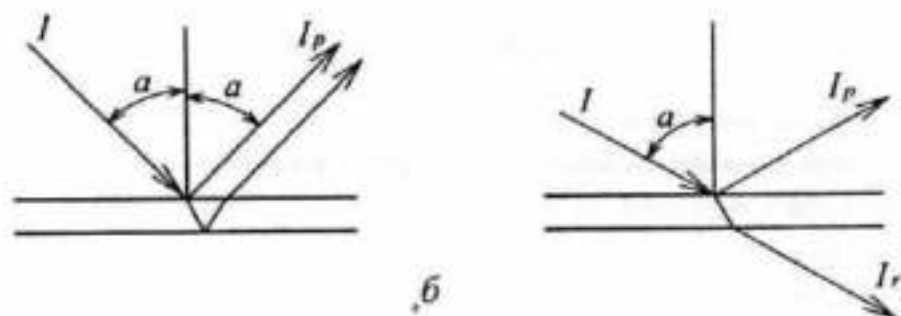
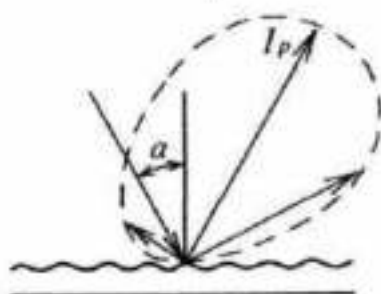
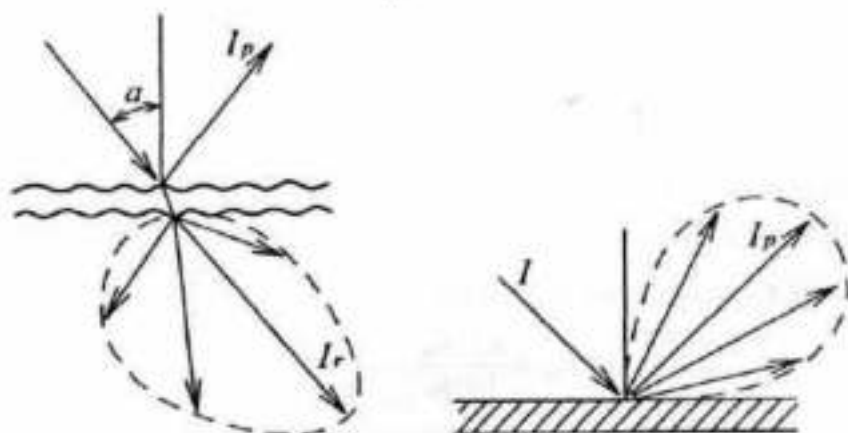
a*б**в*

Рис. 2.29. Види світловідбиття та світлопропускання:

a – напрямлене світловідбиття та світлопропускання; *б* – розсіяне світловідбиття;
в – напрямлено-розсіяне світловідбиття та світлопропускання

- напрямлено-розсіяне світловідбиття або світлопропускання від пофарбованих глянцевиx поверхонь чи світло пропускання крізь матове скло;
- розсіяне (дифузне) світловідбиття від обжитих поверхонь стін, стелі або пропускання світла крізь світлотехнічне матове скло.

За напрямленого і напрямлено-розсіяного світловідбиття характеристикою розподілу яскравостей у різних напрямках є коефіцієнт яскравості, який дорівнює:

$$r_{\alpha} = \frac{L_{\alpha}}{L_0}, \quad (2.82)$$

де L_{α} – яскравість поверхні під кутом α ;

L_0 – яскравість ідеальної світловідбитої поверхні з коефіцієнтом $\rho = 1$ та однаковою освітленістю з досліджуваною поверхнею.

У разі падіння світлового потоку Φ_i на поверхню тіла, лм, частина його відбивається Φ_p , частина проходить крізь нього Φ_t , і частина поглинається Φ_a , тобто:

$$\Phi_i = \Phi_p + \Phi_t + \Phi_a \quad (2.83)$$

Поділяючи обидві частини рівняння на Φ_i , отримаємо:

$$1 = \rho + r + \alpha \quad (2.84)$$

де ρ – коефіцієнт світловідбиття, що дорівнює Φ_p/Φ_i ;

r – коефіцієнт світлопропускання відповідно Φ_t/Φ_i ;

α – коефіцієнт поглинання світла – Φ_a/Φ_i .

Освітленість у точках приміщення залежить від: віддалення світлового прорізу, яскравості видимої частини небосхилу або величини світлового потоку чи освітленості під відкритим небом. Щоб унезалежити рівень освітленості від величини яскравості небосхилу, рівень освітлення оцінюють за коефіцієнтом природного освітлення, який визначають за формулою:

$$e_M = \frac{E_M}{E_H} \cdot 100\% \quad (2.85)$$

де E_M – освітленість приміщення у точці M , яка лежить на поверхні;

E_H – освітленість під відкритим небосхилом [50].

Звідси освітленість у точці M дорівнює:

$$E_M = \frac{e_M \cdot E_H}{100\%}. \quad (2.86)$$

Основними характеристиками, які визначають випромінювальну здатність Сонця, є сонячні сталі: світлова і тепла.

Світлова сонячна стала E_{\odot}^n – це освітленість площини, розміщеної перпендикулярно до променів Сонця на відстані, що дорівнює астрономічній одиниці Δ_{\odot} . На межі земної атмосфери вона приблизно дорівнює 135000 – 137000 лк. Відповідно цій освітленості середня яскравість Сонця дорівнює $2 \cdot 10^9$ кд/м².

Освітленість від Сонця на горизонтальній поверхні E_{\odot}^{\perp} , при заданому коефіцієнті пропускання світла атмосферою $\tau_{\text{ат}}$, що залежить від висоти стояння Сонця h_{\odot} і прозорості повітря p , визначають за формулою:

$$E_{\odot}^{\perp} = E_{\odot}^{\perp} \cdot \sin h_{\odot}, \quad (2.87)$$

де E_{\odot}^{\perp} – освітленість від Сонця на площину, перпендикулярній до напрямку сонячного потоку:

$$E_{\odot}^{\perp} = \frac{E_{\odot}^3}{\Delta_{\odot}^2} \cdot p \cdot \Sigma, \quad (2.88)$$

де Σ – повітряна маса, яку пронизують промені на своєму шляху через атмосферу Землі. Вона змінюється від висоти стояння Сонця та визначається за таблицею [50].

Теплова сонячна стала – це кількість променевої енергії, що надходить на поверхню, перпендикулярну до променів Сонця, протягом 1 хв і віддалену від нього на одну астрономічну одиницю. За європейською шкалою вона становить 7,831 дж/(см²·хв).

Звідси випливає, що променева енергія Сонця дуже велика, і за підрахунками променевий потік, який надходить за 1 с на 1 км² земної поверхні, становить близько 700000 кВт. До оптичного спектра променевої поверхні належать ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання.

Ультрафіолетове, або короткохвильове випромінювання (УФ) визначається фізично від 1 до 400 нм. Відповідно до рішення МКО (Міжнародної комісії з освітлення) розрізняють три області ультрафіолетового випромінювання, нм: УФ-А – від 315 до 400; УФ-В – від 280 до 315; УФ-С – від 100 до 280.

Видиме випромінювання зумовлює у людини зорові відчуття. Нижня межа чуттєвого сприйняття світла у людини становить 380...400, а верхня – 780...800 нм.

Розрізняють **монохроматичне** і **складне** видиме випромінювання. На відміну від більшості тварин, людина здатна розрізнати монохроматичні випромінювання, що характеризуються вузькою областю довжини хвиль. Складне випромінювання – це сукупність монохроматичних випромінювань, наприклад денне видиме світло (рис. 2.30) [50]. У разі дії на око монохроматичного випромінювання у людини виникає відчуття кольору. Середнє око найбільш чутливе до жовто-зеленого випромінювання з довжиною хвилі $\lambda=555$ нм. В умовах приликового освітлення чутливість зміщується у бік зелено-блакитної області $\lambda=510$ нм. Найзаспокійливіше діє на людину зелений колір, як найбільш звичний у природі, і не викликає відхилень подразників. Якщо червоний, оранжевий і жовтий кольори збуджують або насторожують, то блакитний, синій і фіолетовий заспокоюють, знижують почуття небезпеки, а відповідно до настрою можуть пригнічувати людську психіку.

Інфрачервоне випромінювання (ІЧ) – третя довгохвильова складова сонячного спектра з довжиною хвилі понад 780 нм. Згідно з МКО, розрізняють інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі: ІЧ-А – 780...1400 нм; ІЧ-В – 1,4...3 мкм; ІЧ-С – 3 мкм...1 мм.

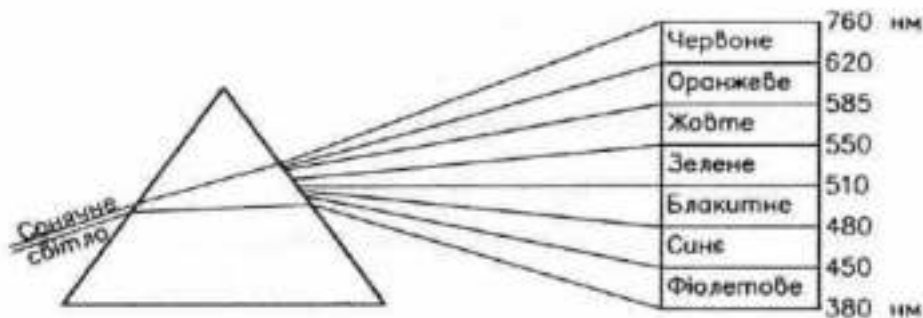


Рис. 2.30. Видиме світло

Інфрачервоне випромінювання приносить теплову енергію Сонця, яка невидима для ока, оскільки тіло людини саме випромінює теплоту на хвилі $\lambda=900$ нм. Як бачимо, око пристосувалося до цього, максимально наблизивши верхню межу видимого спектра до свого власного випромінювання [50].

2.3.2. Природне освітлення

Природне освітлення приміщень – це освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить через світлові прорізи в огорожувальних конструкціях будівлі.

За інтенсивністю і часом дії природне освітлення поділяють на денне, при-
смеркове і нічне. Кожний вид природного освітлення характеризується різними рівнями, співвідношеннями між освітленістю від прямого потоку та розсіяним світлом, розподілом яскравості на уявній поверхні неба, різним спектральним складом випромінювання і динамікою освітлення [50]

Основними показниками, які характеризують природне освітлення приміщень, є коефіцієнт природного освітлення (кількісний показник) і нерівномірність природного освітлення (якісний показник).

Однією з важливих задач, які необхідно вирішувати при проектуванні будівель, є визначення раціональної площі світлопрозорих елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій (вікон і ліхтарів).

Через світлопрозорі елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій відбувається найбільш інтенсивний обмін енергією між зовнішнім і внутрішнім середовищем. З точки зору енергозбереження, раціонально проектувати вікна та ліхтарі з мінімальною площею. Але для забезпечення зорового комфорту в приміщеннях будівель, де постійно перебувають люди необхідно проектувати світлові прорізи, площа яких відповідає нормам освітленості [17]. Нормування показників природного освітлення здійснюється на основі санітарно-гігієнічних вимог із урахуванням функціонального призначення приміщень будівель. Забезпечення нормативних вимог направлене на створення комфортних умов проживання людей або можливості працювати у приміщеннях без застосування штучного світла у *світлий час доби* та безпосередньо впливає на прийняття архітектурно-планувальних рішень будівель і ефективне використання світлопрозорих огорожувальних конструкцій.

Світлий час доби – це час, коли зовнішня освітленість горизонтальної площини перевищує *критичну освітленість*, $E_{кр}$, значення якого різне у різних країнах, розташованих на різних географічних широтах. В Україні, що знаходиться в діапазоні широт 43...52 град, прийнято $E_{кр} = 5000$ лк. Освітлення у приміщеннях з правильно запроєктованими розмірами світлових прорізів, коли значення зовнішньої освітленості перевищує $E_{кр}$ буде більш ніж достатнім протягом 85...90% денного часу доби.

Розрізняють три системи *природного освітлення приміщень*:

- *система бічного освітлення* – через світлові прорізи у зовнішніх стінах;
- *система верхнього освітлення* – через світлові ліхтарі та прорізи у покритті, а також через світлові прорізи в стінах у місцях перепаду висот будівлі;
- *система комбінованого освітлення* – поєднання верхнього та бокового.

У зв'язку, зі зміною положення Сонця на небосхилі, з наявністю хмарності та її типом, зовнішня освітленість постійно змінюється протягом світлого часу доби. Тому нормувати природну освітленість приміщень в абсолютних одиницях освітленості, люксах, нерационально.

За нормовану величину природної освітленості прийнято брати коефіцієнт природної освітленості (КПО), який оцінює ту частку світла, що потрапляє до приміщення через світлові прорізи, від загальної кількості світла випромінюваного небосхилом.

Коефіцієнт природної освітленості (КПО) – це відношення природної освітленості, яка створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім та після відбивання), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, яка створюється світлом повністю відкритого небозводу; виражається у відсотках і визначається за формулою:

$$e = \frac{E_{в}}{E_{г}} \cdot 100, \quad (2.89)$$

де $E_{в}$ – освітленість, створена в розрахунковій точці робочої поверхні усередині приміщення природним світлом, що пройшло через світлові прорізи, лк;

$E_{г}$ – зовнішня горизонтальна освітленість під цілком відкритим небосхилом, заміряна у той же момент часу, що й $E_{в}$, лк.

Робоча поверхня – це поверхня, на якій виконується робота та нормується або вимірюється освітленість.

Умовна робоча поверхня – умовно прийнята горизонтальна поверхня, розташована на висоті 0,8 м від підлоги.

За умови суцільної хмарності у світлий час доби КПО буде практично незмінним, а його величина залежатиме від площі, орієнтації та розташування світлових прорізів, виду і чистоти їх заповнення, наявності сонцезахисних пристроїв, снігового покриву та характеристик сусідніх будівель, а також колірної обробки інтер'єра. Саме цими параметрами необхідно оперувати при проєктуванні світлових прорізів у будівлях.

Нормоване значення КПО, e_N , для будівель, розташованих в різних районах України, слід визначати за формулою [17]:

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (2.90)$$

де e_n – значення КПО приймається за таблицями 2.24 і 2.25;

m_N – коефіцієнт світлового клімату приймається за табл. 2.26;

N – номер групи забезпеченості природним світлом за табл. 2.26.

Значення коефіцієнта природного освітлення КПО, e_n , що нормуються на робочих поверхнях приміщень, залежить від найменшого або еквівалентного розміру об'єкта розрізнення, характеристики та розряду зорової роботи та приймається за табл. 2.24 – для промислових будівель і за табл. 2.25 – для житлових, громадських і адміністративно-побутових будівель.

Об'єкт розрізнення – це предмет, що розглядається, окрема його частина або дефект, які потрібно розрізнити у процесі роботи.

Таблиця 2.24

Значення коефіцієнта природного освітлення КПО, e_n , % на робочих поверхнях для промислових будівель [17]

| Характеристика зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Природне освітлення | |
|---|--|-----------------------|--|-------------------------|
| | | | КПО, e_n , % | |
| | | | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні |
| Найвищої точності | Менше 0,15 | I | – | – |
| Дуже високої точності | 0,15...0,3 включно | II | – | – |
| Високої точності | 0,3...0,5 | III | – | – |
| Середньої точності | 0,5...1,0 | IV | 4,0 | 1,5 |
| Малої точності | 1,0...5,0 | V | 3,0 | 1,0 |
| Груба (дуже малої точності) | Більше 5,0 | VI | 3,0 | 1,0 |
| Робота з матеріалами, які світяться і виробами в гарячих цехах | Більше 5,0 | VII | 3,0 | 1,0 |
| Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: – постійне – періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні – періодичне при періодичному перебуванні людей у приміщенні – загальне спостереження за інженерними комунікаціями | | VIII | | |
| | | VIIIa | 3,0 | 1,0 |
| | | VIIIб | 1,0 | 0,3 |
| | | VIIIв | 0,7 | 0,2 |
| | | VIIIг | 0,3 | 0,1 |

Норми освітленості, наведені в таблиці 2.24, слід підвищувати на один ступінь шкали освітленості у випадках:

- при роботах I...IV розрядів, якщо зорова робота виконується більше половини робочого дня;
- при підвищеній небезпеці травматизму, якщо освітленість від системи загального освітлення складає 150 лк і менше (робота на дискових пилках, гільйотинних ножницях тощо);
- при спеціальних підвищених санітарних вимогах (наприклад, на підприємствах харчової та хіміко-фармацевтичної промисловості), якщо освітленість від системи загального освітлення 500 лк і менше;
- при роботі або виробничому навчанні підлітків, якщо освітленість від системи загального освітлення 300 лк і менше;
- при постійному пошуку об'єктів розрізнення на поверхні розміром 0,1 м² та більше.

Особливості світлового клімату визначаються широтою місцевості, сонячністю клімату, орієнтацією та видами світлових прорізів, наявністю чи відсутністю стійкого снігового покриву. На території України відсутній стійкий сніговий покрив. Ці фактори враховуються коефіцієнтом світлового клімату $m_{\text{ш}}$ (табл. 2.26), на який множаться стандартні (санітарно-гігієнічні) значення e_n для конкретного типу приміщення.

Таблиця 2.25

Значення коефіцієнта природного освітлення КПО e_n , % на робочих поверхнях для житлових, громадських та адміністративно-побутових будівель [17]

| Характеристика зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Природне освітлення КПО, e_n , % | |
|--|--|-----------------------|--|-------------------------|
| | | | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні |
| Розрізнення об'єктів: – дуже високої точності – високої точності – середньої точності | 0,15...0,30 | A1 | 4,0 | 1,5 |
| | | A2 | 3,5 | 1,2 |
| | 0,30...0,50 | B1 | 3,0 | 1,0 |
| | | B2 | 2,5 | 0,7 |
| | Більше 0,50 | B1 | 2,0 | 0,5 |
| | | B2 | 2,0 | 0,5 |
| Огляд оточуючого простору при епізодичному розрізненні об'єктів: – при високій насиченості приміщень світлом – при нормальній насиченості приміщень світлом – при низькій насиченості приміщень світлом | Незалежно від розміру об'єкта розрізнення | Г | 3,0 | 1,0 |
| | – | Д | 2,5 | 0,7 |
| | – | Е | 2,0 | 0 |

При цьому слід мати на увазі, що при системі бічного природного освітлення нормується освітленість у точці робочої поверхні, що найбільш віддалена від вікон і має мінімальну освітленість у приміщенні, а при верхньому та комбінованому освітленні – середнє значення освітленості на робочій поверхні. Тому, наприклад, для Києва в аудиторіях вищих навчальних закладах із II розрядом зорової роботи, що освітлюються тільки через вікна у зовнішніх стінах, $e_n = 0,9+0,85\%$ (у залежності від орієнтації вікон), а якщо аудиторія обладнана zenітними ліхтарями, то $e_n = 2,0 \dots 1,87\%$.

При двосторонньому боковому освітленні приміщень різного призначення нормоване значення КПО повинно бути забезпечено в розрахунковій точці в центрі приміщення на перетині вертикальної площини характерного розрізу і робочої поверхні.

Таблиця 2.26

Значення коефіцієнта світлового клімату m_N [17]

| Світлові прорізи | Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту | Коефіцієнт світлового клімату, m_N | |
|---|--|--|-------------------------|
| | | Автономна республіка Крим, Одеська область | Решта території України |
| У зовнішніх стінах будівель | Пн | 0,85 | 0,90 |
| | ПнС, ПнЗ | 0,85 | 0,90 |
| | З, С | 0,80 | 0,85 |
| | ПдС, ПдЗ | 0,80 | 0,85 |
| | Пд | 0,75 | 0,85 |
| У прямокутних і трапецієподібних ліхтарях | Пн – Пд | 0,80 | 0,80 |
| | ПнС – ПдЗ ПдС – ПнЗ | 0,75 | 0,80 |
| | С – З | 0,70 | 0,75 |
| У ліхтарях типу «Шед» | Пн | 0,80 | 0,80 |
| У zenітних ліхтарях | – | 0,70 | 0,80 |

Примітка. Пн – північ; ПнС – північ-схід; ПнЗ – північ-захід; С – схід; З – захід; Пн-Пд – північ-південь; С-З – схід-захід; Пд – південь; ПдС – південь-схід; ПдЗ – південь-захід

Характерний розріз приміщення – це поперечний розріз по середині приміщення, площина якого перпендикулярна до площини закслених світлових прорізів (при боковому освітленні) або до поздовжньої осі прогонів приміщення. До характерного розрізу приміщення повинні попадати ділянки з найбільшою кількістю робочих місць, а також точки робочої зони, найбільш віддалені від світлових прорізів.

У житлових і громадських будівлях при боковому освітленні з однієї сторони нормоване значення КПО повинно бути забезпечено у розрахунковій точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і площини підлоги на відстані 1 м від стіни, найбільше віддаленої від світлових прорізів.

У виробничих приміщеннях глибиною до 6 м при односторонньому боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці, розташованій на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і умовної робочої поверх-

ні на відстані 1 м від стіни або лінії максимального заглиблення зони, найбільше віддаленої від світлових прорізів.

У виробничих приміщеннях з великими розмірами прогонів, глибиною більше 6 м при боковому освітленні нормується мінімальне значення КПО в точці на умовній робочій поверхні, віддаленій від світлових прорізів:

- на 1,5 м висоти від підлоги для зорової роботи I...IV розрядів;
- на 2 м висоти від підлоги для зорової роботи V...VII розрядів;
- на 3 м висоти від підлоги для зорової роботи VIII розряду.

При верхньому або комбінованому природному освітленні приміщень різного призначення нормується середнє значення КПО в 5-ти точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу і умовної робочої поверхні. Перша і остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні стін або осі колон.

Допускається розподілення приміщень на зони з боковим освітленням (зони, які примикають до зовнішніх стін з вікнами) і зони з верхнім освітленням. Нормування та розрахунок природного освітлення в кожній зоні проводиться незалежно одне від одного.

Допускається застосовувати верхнє природне освітлення у складальних цехах з великими прогонами, де роботи виконуються в значній частині об'єму приміщення на різних рівнях підлоги і на робочих поверхнях з різною орієнтацією у просторі. При цьому нормовані значення КПО приймаються: для I розряду $e_n = 10\%$; для II розряду $e_n = 7\%$; для III розряду $e_n = 5\%$.

Розрахунок КПО проводиться з урахуванням середньозважених коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь приміщень без урахування меблів, устаткування, озеленення та інших затінюючих предметів, а також при 100% використанні світлопрозорих заповнень у світлових прорізах.

Розрахункові значення середньозваженого коефіцієнта відбивання внутрішніх поверхонь слід приймати: 0,5 – у громадських, 0,4 – у житлових і 0,3 – у виробничих приміщеннях.

У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I...III розрядів слід використовувати суміщене освітлення.

Суміщене освітлення – це освітлення, за якого недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. Недостатність природного освітлення приміщень компенсується штучним освітленням, яке за спектром випромінювання наближене до природного. Це люмінесцентні лампи ЛДЦ, ЛД, дугові ртутно-люмінесцентні лампи ДРЛ. Додаткове штучне освітлення, як правило, влаштовують у вигляді освітлювальних поверхонь на стелі, стінах у глибині приміщень або збоку. Яскравість цих поверхонь, як і спектр випромінюваного світла, стає подібним до розсіяного світла відкритого неба [50].

Суміщене освітлення приміщень житлових будинків, громадських і допоміжних будівель допускається передбачати у випадках, коли це потрібно за умов вибору раціональних об'ємно-планувальних рішень за винятком житлових кімнат і кухонь, номерів готелів, приміщень дитячих закладів тощо.

Нормовані показники освітлення, рекомендовані [17] для деяких приміщень промислових будівель, наведені у таблиці додатку 2.12, а для приміщень громадських, житлових і допоміжних будівель у таблиці додатку 2.13.

Орієнтовно необхідну площу віконних прорізів можна визначити за табл. 2.27 у залежності від рекомендованих відношень між площами вікон і підлоги, які отримані в результаті аналізу та узагальнення практики проектування відповідних будівель.

Таблиця 2.27

Рекомендовані відношення площі світлових прорізів до площі підлоги цих приміщень цивільних будівель [40, 44]

| Призначення приміщення | Відношення площі вікон до площі підлоги |
|--|---|
| Житлові будинки, гуртожитки | |
| 1. Житлові кімнати, кухні | 1/5,5 ... 1/8 |
| 2. Вхідні тамбури, сходові клітки, коридори, приміщення мансардних поверхів | 1/8 ... 1/10 |
| Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти | |
| 3. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії шкіл і професійно-технічних установ, кабінети креслення і малювання | 1/3 ... 1/4 |
| 4. Аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і вищих навчальних закладах, кабінети інформатики і обчислювальної техніки | 1/4 ... 1/5 |
| 5. Спортивні зали | 1/5 ... 1/6 |
| 6. Криті басейни | 1/5,5 ... 1/8 |
| Установи для дозвілля | |
| 7. Виставкові зали | 1/5,5 ... 1/7 |
| 8. Кімнати гуртків, музичні класи | 1/5 ... 1/6 |
| Дитячі дошкільні заклади | |
| 9. Роздягальні | 1/5,5 ... 1/7 |
| 10. Групові, ігрові, їдальні, кімнати музичних і гімнастичних занять | 1/4 ... 1/3 |
| 11. Спальні, ізолятори | 1/5,5 ... 1/8 |
| Готелі, санаторії, будинки відпочинку | |
| 12. Вітальні, номери, палати, спальні кімнати | 1/5,5 ... 1/8 |
| Адміністративні будівлі (міністерства, відомства, комітети, префектури, муніципалітети управління, конструкторські та проектні організації, науково-дослідні установи тощо) | |
| 13. Кабінети, робочі кімнати | 1/5 ... 1/6 |
| 14. Проектні зали і кімнати, конструкторські бюро, аналітичні лабораторії | 1/4 ... 1/3 |
| 15. Приміщення для роботи з дисплеями, дисплейні зали | 1/4 ... 1/5 |
| 16. Конференц-зали, зали засідань | 1/5,5 ... 1/7 |
| 17. Читальні зали, лабораторії | 1/4 ... 1/5 |
| Банківські та страхові установи | |
| 18. Операційні та касові зали, кредитна група, приміщення для перерахування грошей | 1/4 ... 1/5 |
| Допоміжні будівлі та приміщення | |
| 19. Медпункти: | |
| – ресепшн, кімната чергового | 1/10 ... 1/8 |
| – кабінети лікарів, перев'язувальні | 1/5 ... 1/6 |
| – процедурні кабінети | 1/4 ... 1/3 |

У таблиці 2.27. наводяться відношення для основних типів приміщень цивільних будівель для кліматичних умов, подібних до умов України, при висоті району будівництва над рівнем моря не вище 800 м. При більш високих відмітках допускається зменшувати ці відношення, але в будь-якому випадку вони повинні бути не меншими за 1/11. У таблиці 2.27 менші значення відношень відповідають умовам незначного затінення світлового прорізу сусідніми будівлями, коли вертикальний кут затінення β , під яким видні ці будівлі з точки, що лежить у центрі підвіконня, не перевищує 35° , середні значення відповідають $\beta = 45^\circ$, а більші – приймаються при $\beta = 60^\circ$. Якщо $\beta > 60^\circ$, то цей метод використовувати не можна [44].

2.3.3. Основні світлотехнічного розрахунку

Площі світлових прорізів, призначені за даними таблиці 2.27 або знайдені за попереднім розрахунком можуть бути прийняті лише як орієнтовні для попереднього вибору необхідної системи світлових прорізів. При реальному проектуванні будівель необхідно здійснити уточнений розрахунок природної освітленості приміщень.

Уточнений розрахунок необхідної площі світлових прорізів згідно із [17] рекомендується здійснювати за формулами:

- при боковому освітленні приміщень

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n \cdot K_s \cdot \eta_n}{\tau_0 \cdot r_1} K_{\text{вн.з.}} \quad (2.91)$$

- при верхньому освітленні

$$100 \frac{S_s}{S_n} = \frac{e_n \cdot K_s \cdot \eta_n}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot K_s} \quad (2.92)$$

де S_0 – площа світлових прорізів (в світлі) при боковому освітленні;

S_n – площа підлоги приміщення;

e_n – нормоване значення КПО;

K_s – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості внаслідок забруднення та старіння світлових заповнень і приймається згідно з таблицею додатку 2.14;

η_n – світлова характеристика вікон, яка визначається згідно з таблицею 2.28;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопроникнення, що визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (2.93)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, що визначається за таблицею 2.29;

τ_2 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в рамах світлового прорізу, що визначається за таблицею 2.29;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати в несучих конструкціях і визначається за таблицею 2.29 (при боковому освітленні $\tau_3=1$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях і визначається за таблицею 2.30;

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, що встановлюється під ліхтарями, який приймається рівним 0,9;

ζ_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, що відбивається від поверхонь приміщення і підстиляючого шару, прилеглого до будівлі та приймається за таблицею 2.31;

$K_{\text{отд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон протилежними будівлями і визначається за таблицею 2.32;

S_n – площа світлових прорізів (у світлі) при верхньому освітленні;

η_n – світлова характеристика ліхтаря або світлового прорізу в площині покриття, яка визначається за таблицями 2.33 і 2.34;

ζ_2 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення та приймається за таблицею 2.35;

K_2 – коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря та визначається за таблицею 2.36.

Таблиця 2.28

Значення світлової характеристики вікон η_n при боковому освітленні [17]

| Відношення довжини приміщення, l_n , до його глибини, B | Значення світлової характеристики η_n при відношенні глибини приміщення, B до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верха вікна, h_1 | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 7,5 | 10,0 |
| 4,0 і більше | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 12,5 |
| 3,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,6 | 10,0 | 11,0 | 12,5 | 14,0 |
| 2,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 13,0 | 15,0 | 17,0 |
| 1,5 | 9,5 | 10,5 | 13,0 | 15,0 | 17,0 | 19,0 | 21,0 | 23,0 |
| 1,0 | 11,0 | 15,0 | 16,0 | 18,0 | 21,0 | 23,0 | 26,5 | 29,0 |
| 0,5 | 18,0 | 23,0 | 31,0 | 37,0 | 45,0 | 54,0 | 66,0 | – |

Значення коефіцієнтів τ_1, τ_2, τ_3 [17]

| Вид світлопропус- каючого матеріалу | Зна- чення, τ_1 | Вид рами | Зна- чення, τ_2 | Несучі кон- струк- ції по- криття | Зна- чення, τ_3 |
|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
| Скло віконне лис- тове одинарне подвійне потрійне | 0,9 0,8 0,75 | Рами для вікон і ліхтарів промислових будівель: а) дерев'яні: одинарні; спарені; подвійні окремі. б) сталеві: одинарні, які відкрива- ються; одинарні глухі; подвійні глухі. | 0,75 0,7 0,6 | Сталеві ферми | 0,9 |
| Скло вітринне зав- товшки 6...8 мм | 0,8 | | | | |
| Скло вітринне | 0,6 | | | Балки та рами су- цільні при висо- ті перері- зу: – 50 см і більше; – менше 50 см. | 0,8 0,9 |
| Скло листове візе- рунчасте | 0,65 | Рами для вікон житло- вих, громадських і допо- міжних будівель: а) дерев'яні: одинарні; спарені; подвійні окремі; з потрійним заскленням. б) сталеві: одинарні; спарені; подвійні окремі; з потрійним заскленням. | | | |
| Скло листове з властивостями: сонцезахисне контрастне | 0,65 0,75 | | | | |
| Органічне скло: прозоре молочне | 0,9 0,6 | | | | |
| Порожнисті скляні блоки: світлорозсіюючі світлопрозорі | 0,5 0,55 | | | | |
| Склопакети | 0,8 | | | | |

Примітка. Значення коефіцієнтів τ_1 і τ_2 для профільного скла і конструкцій з нього слід приймати відповідно до вказівок з проектування, монтажу та експлуатації з профільного скла.

Таблиця 2.30

Значення коефіцієнта τ_4 [17]

| Сонцезахисні пристрої, вироби і матеріали | Значення, τ_4 |
|---|--------------------|
| Регулюючі жалюзі, що складаються, та штори (міжскляні, внутрішні, зовнішні) | 1,0 |
| Стационарні жалюзі та екрани із захисним кутом не більше 45° при розташуванні пластини-жалюзі або екрану під кутом до 90° до площини вікна: горизонтальні вертикальні | 0,65 0,75 |
| Горизонтальні козирки: із захисним кутом не більше 30° із захисним кутом від 15° до 45° (багатоступінчасті) | 0,8 0,9...0,6 |

Значення коефіцієнту τ_1 [17]

| B_1 | Значення τ_1 при боковому світлі | | Значення τ_1 при боковому двосторонньому світлі | |
|----------------|--|------|--|------|
| | Середньо-озаженний коефіцієнт відбивання ρ_{op} стелі, стін і підлоги | | | |
| | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| Від 1 до 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 |
| | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 1,45 |
| Від 1,5 до 2,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Від 2,5 до 3,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |
| | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 |
| | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| Від 3,5 до 5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |
| | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 |
| | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |

Примітка. B_1 – відношення глибини приміщення B до висоти від рівня ужитку робочої поверхні до B_1 верха люка.

B_2 – відношення відстані l розглядуваної точки від довільної стіни до глибини приміщення B .

Значення коефіцієнта $K_{\text{бгд}}$, який враховує затінювання вікон протилежними будівлями залежно від відношення відстані між будівлями P до висоти розміщення карнизу протилежної будівлі над підвіконником вікна $H_{\text{бгд}}$ [17]

| $\frac{P}{H_{\text{бгд}}}$ | $K_{\text{бгд}}$ |
|----------------------------|------------------|
| 0,5 | 1,7 |
| 1,0 | 1,4 |
| 1,5 | 1,2 |
| 2,0 | 1,2 |
| 3 і більше | 1,0 |

Таблиця 2.33

Значення світлової характеристики ліхтарів η_0
(прямокутних, трапецієподібних і типу «Шед») [17]

| Тип ліхтаря | Кількість прогонів | Значення світлової характеристики ліхтарів | | | | | | | | |
|--|--------------------|---|----------------|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| | | Відношення довжини приміщення l_1 до ширини прогону l_2 | | | | | | | | |
| | | від 1 до 2 | | | Від 2 до 4 | | | більше 4 | | |
| | | Відношення висоти приміщення H до ширини прогону l | | | | | | | | |
| | | від 0,2 до 0,4 | від 0,4 до 0,7 | від 0,7 до 1 | від 0,2 до 0,4 | від 0,4 до 0,7 | від 0,7 до 1 | від 0,2 до 0,4 | від 0,4 до 0,7 | від 0,7 до 1 |
| З вертикальним двобічним заскленням | 1 | 5,8 | 9,4 | 16,0 | 4,6 | 6,8 | 10,5 | 4,4 | 6,4 | 9,1 |
| | 2 | 5,2 | 7,5 | 12,8 | 4,0 | 5,1 | 7,8 | 3,7 | 6,4 | 6,5 |
| | ≥ 3 | 4,8 | 6,7 | 11,2 | 3,8 | 4,5 | 6,9 | 3,4 | 4,0 | 5,6 |
| З похилим двобічним заскленням | 1 | 3,5 | 5,2 | 6,2 | 2,8 | 3,8 | 4,7 | 2,7 | 3,6 | 4,1 |
| | 2 | 3,2 | 4,4 | 5,3 | 2,5 | 3,0 | 4,1 | 2,3 | 2,7 | 3,4 |
| | ≥ 3 | 3,0 | 4,0 | 4,7 | 2,35 | 2,7 | 3,7 | 2,1 | 2,4 | 3,0 |
| З вертикальним однібічним заскленням «Шед» | 1 | 6,4 | 10,5 | 15,2 | 5,1 | 7,6 | 10,0 | 4,9 | 7,1 | 8,5 |
| | 2 | 6,1 | 8,0 | 11,0 | 4,7 | 5,5 | 6,6 | 4,35 | 5,0 | 5,5 |
| | ≥ 3 | 5,0 | 6,5 | 8,2 | 4,0 | 4,3 | 5,0 | 3,6 | 3,8 | 4,1 |
| З похилим однібічним заскленням «Шед» | 1 | 3,8 | 4,55 | 6,8 | 2,9 | 3,4 | 4,5 | 2,5 | 3,2 | 3,9 |
| | 2 | 3,0 | 4,3 | 5,7 | 2,3 | 2,9 | 3,5 | 2,15 | 2,65 | 2,9 |
| | ≥ 3 | 2,7 | 3,7 | 5,1 | 2,2 | 2,5 | 3,1 | 2,0 | 2,25 | 2,5 |

Значення світлової характеристики τ_n світлових прорізів у площині покриття при верхньому освітленні [17]

| Схема розрізу ліхтаря | V_2 | Індекс приміщення i | | | | | | | | | |
|--|-------|-----------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,25 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 |
|  | 0,05 | 25 | 19 | 16 | 14,3 | 13,3 | 12 | 11,5 | 11 | 10,5 | 12 |
| | 0,1 | 13 | 10,3 | 8,5 | 7,7 | 7 | 6,3 | 6 | 5,8 | 5,5 | 5,4 |
| | 0,2 | 7 | 5,6 | 4,6 | 4,2 | 3,8 | 3,4 | 3,3 | 3,1 | 3 | 2,9 |
| | 0,3 | 5 | 4 | 3,3 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2 |
| | 0,4 | 4,2 | 3,3 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2 | 1,9 | 1,85 | 1,8 | 1,7 |
| | 0,5 | 3,7 | 2,9 | 2,4 | 2,1 | 2 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,55 | 1,5 |
| | 0,6 | 3,3 | 2,6 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,45 | 1,4 | 1,3 |
| | 0,7 | 3,1 | 2,4 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,35 | 1,3 | 1,25 |
| | 0,8 | 2,9 | 2,3 | 1,9 | 1,7 | 1,55 | 1,4 | 1,35 | 1,3 | 1,2 | 1,2 |
| | 0,9 | 2,8 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,35 | 1,3 | 1,25 | 1,2 | 1,15 |

Примітка 1. V_2 – це відношення площі вихідного отвору S_2 до суми площ вхідного отвору S_1 і бокової поверхні прорізу S_0 .

Примітка 2. Індекс приміщення $i = \frac{l_n}{H(l_n + b)}$, де l_n – довжина приміщення вздовж осі прогонів; b – ширина приміщення; H – висота покриття над умовною робочою поверхнею.

Таблиця 2.35

Значення коефіцієнта r_2 [17]

| Відношення висоти приміщення від умовної робочої поверхні до нижньої грані заклення H_n та до ширини прогону l_1 | Значення коефіцієнта r_2 | | | | | | | | |
|--|--|------|----------|-------------------|------|----------|-------------------|-----|----------|
| | Середньозважений коефіцієнт відбивання стелі, стін і підлоги | | | | | | | | |
| | $\rho_{ср} = 0,5$ | | | $\rho_{ср} = 0,4$ | | | $\rho_{ср} = 0,3$ | | |
| | Кількість прогонів | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | ≥ 3 | 1 | 2 | ≥ 3 | 1 | 2 | ≥ 3 |
| 2 | 1,7 | 1,5 | 1,15 | 1,6 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 1,1 | 1,05 |
| 1 | 1,5 | 1,4 | 1,15 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,1 | 1,05 |
| 0,75 | 1,45 | 1,35 | 1,15 | 1,35 | 1,25 | 1,1 | 1,25 | 1,1 | 1,05 |
| 0,5 | 1,4 | 1,3 | 1,15 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,05 |
| 0,25 | 1,35 | 1,25 | 1,15 | 1,25 | 1,15 | 1,1 | 1,15 | 1,1 | 1,05 |

Таблиця 2.36

Значення коефіцієнта K_n [17]

| Тип ліхтаря | Значення коефіцієнта K_n |
|---|----------------------------|
| Світлові прорізи в площині покриття, стрічкові | 1,0 |
| Світлові прорізи в площині покриття, штучні | 1,1 |
| Ліхтарі з похилим двобічним закленням (трапецієподібні) | 1,15 |
| Ліхтарі з вертикальним двобічним закленням (прямокутні) | 1,2 |
| Ліхтарі з однібічним похилим закленням «Шед» | 1,3 |
| Ліхтарі з однібічним вертикальним закленням «Шед» | 1,4 |

В основу більшості уточнених методів розрахунку природної освітленості покладені наступні закони [40, 44]:

1. **Закон суперпозиції**, відповідно до якого розрахунок КПО в будь-якій точці приміщення e , %, від декількох світлових прорізів зводиться до послідовного незалежного визначення КПО від кожного світлового прорізу для цієї точки та наступного складання отриманих значень:

$$e = e_1 + e_2 + \dots + e_M \quad (2.94)$$

де e_1, e_2, \dots, e_M – значення КПО у розрахунковій точці від окремих світлових прорізів, %;

M – кількість світлових прорізів у приміщенні (рис. 2.31).

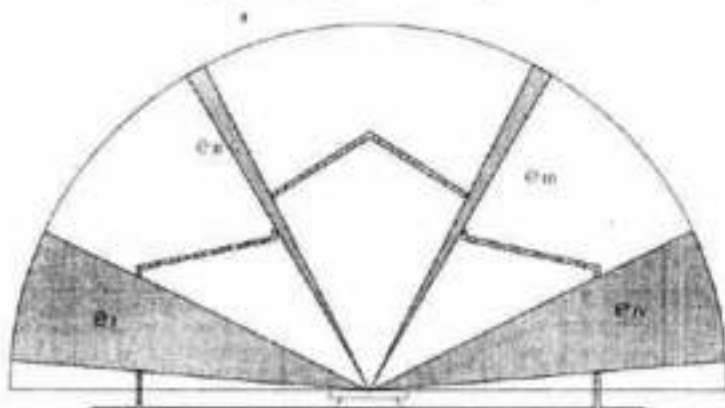


Рис. 2.31. Схема до закону суперпозиції

2. **Закон розділеного світлового потоку**, відповідно до якого КПО в будь-якій точці приміщення e_i , %, від i -го світлового прорізу формується внаслідок приходу чотирьох окремих складових: $e_{\text{пр}}$ – від прямого світла небозводу, $e_{\text{зд}}$ – від світла, відбитого від сусідніх будинків, e_1 – від світла, відбитого поверхнею землі, та e_2 – від світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення (рис. 2.32).

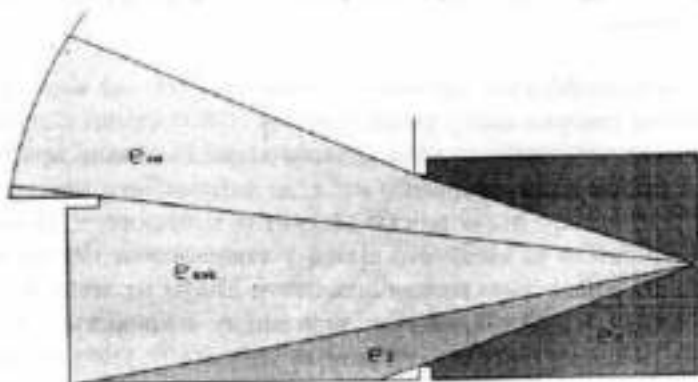


Рис. 2.32. Схема до закону розділеного світлового потоку

Значення КПО можна обчислити за формулою:

$$e_i = e_{\text{дн}} + e_{\text{дгх}} + e_1 + e_{\text{дг}} \quad (2.95)$$

3. **Закон проєкції тілесного кута** стверджує, що освітленість у будь-якій точці приміщення $E_{\text{в}}$, лк, яка створена рівномірно освітленою поверхнею неба, прямо пропорційна яскравості неба і площі проєкції тілесного кута променів від видимої ділянки неба на освітлювану поверхню (рис. 2.33), тобто:

$$E_{\text{в}} = L \cdot \sigma \quad (2.96)$$

де L – яскравість небозводу, кд/м²;

σ – проєкція на робочу площину (РП) частини небозводу, видимого з розрахункової точки.

Виходячи із цього закону можна ввести поняття геометричного коефіцієнту природної освітленості (ГКПО), ϵ , %:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\pi \cdot R^2}, \quad (2.97)$$

де R – радіус небесної сфери (зазвичай приймається рівним 1).

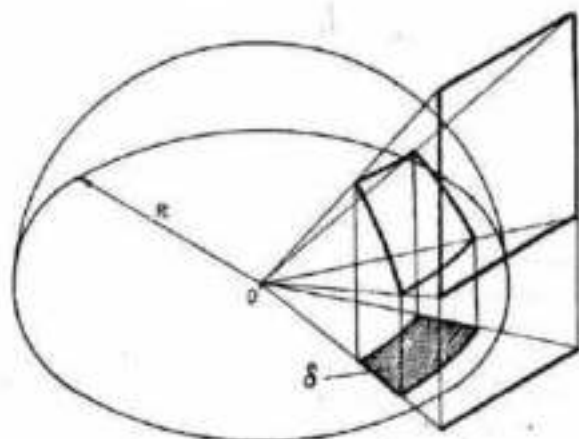
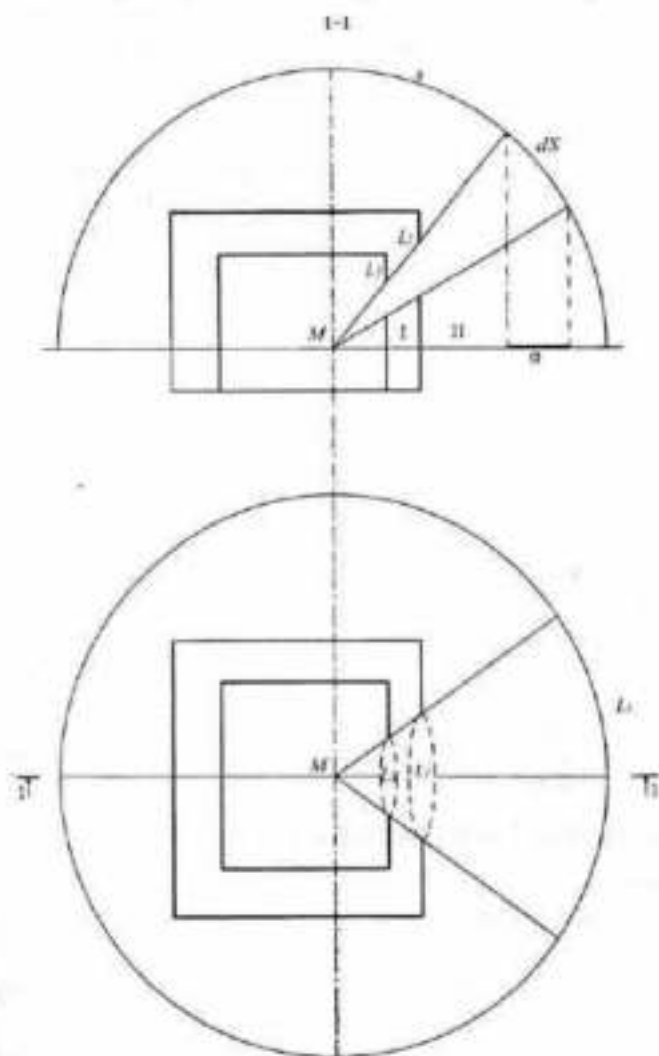


Рис. 2.33. Схема до закону проєкції тілесного кута [44]

Геометричний коефіцієнт природної освітленості – це відношення природної освітленості, яка створюється у розрахунковій точці заданої площини усередині приміщення світлом, яке пройшло крізь незаповнений світловий проріз і надходить безпосередньо від рівномірно яскравого неба, до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості під повністю відкритим небосхилом. При цьому участь прямого сонячного світла та відбитого світла у створюванні тієї чи іншої освітленості виключається. Аналогічно можна визначити ГКПО не лише від небосхилу, а й від будь-якого іншого об'єкта, що має рівномірну яскравість, і видимого через світловий проріз. У цьому випадку яскравість небосхилу умовно приймається як така, що дорівнює яскравості об'єкта.

4. Закон світлотехнічної подібності стверджує, що освітленість у точці приміщення буде однаковою, якщо вона створюється вікнами з однаковою яскравістю та однаковими тілесними кутами. Зміст цього закону пояснює схема, яку зображено на рис. 2.34. Освітленість у точці М створюється через вікна приміщення з яскравістю L_1 і L_2 . Із рис. рис. 2.34 видно, що освітленість у точці М створюється вікнами, обмеженими розмірами того самого тілесного кута з вершиною у точці М. У такому випадку, згідно закону проєкції тілесного кута освітленість у точці М буде однаковою, як при одному, так і при іншому вікні, при умові ($L_1 = L_2 = \text{const}$), оскільки проєкція тілесного кута на освітлювану площину буде незмінною.



Із цього закону випливає важливий висновок, що освітленість у точці приміщення залежить не від абсолютних, а від відносних розмірів вікна. Це має велике практичне значення, оскільки дає змогу вивчати освітленість на моделях приміщень, дотримуючись при цьому точної масштабності та кольорової відповідності в опорядженні інтер'єрів.

Рис. 2.34. Схема до закону світлотехнічної подібності:

М – точка, в якій визначається освітленість; L_1 – яскравість вікна I; L_2 – яскравість вікна II; L_3 – яскравість ділянки dS ; σ – проєкція dS на освітлювану горизонтальну площину

На цей час існують декілька методів, що дозволяють зробити уточнений розрахунок КПО. У різних країнах використовуються різні методи, але усі вони, при правильному застосуванні дають подібні результати. Методика, рекомендована в Україні у якості нормативної [17], має назву *методу променів*. Цей метод був запропонований ще наприкінці 20-х років минулого сторіччя А.М. Данилюком. Він дозволяє вирішувати задачі з розрахунку КПО як при бічному, так і при верхньому природному освітленні та для будь-якого розташування робочої площини.

Для графічного визначення $\epsilon_{\text{ср}}$, $\epsilon_{\text{бп}}$ і ϵ_s небесна півсфера із рівномірною яскравістю розбита двома в'язками площин на 10000 ділянок, проекції яких на горизонтальну площину рівновеликі. Перша в'язка складається зі 100 площин, що проходять через діаметр основи півсфери, а друга – зі 100 вертикальних площин, перпендикулярних цьому діаметру (рис. 2.35).

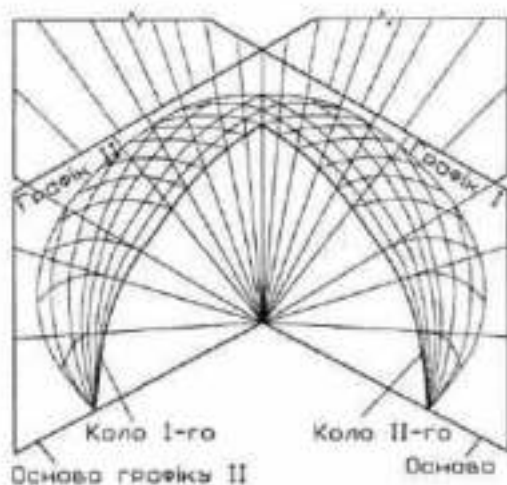


Рис. 2.35. Побудова графіків А.М.Данилюка [40, 44]

Якщо відоме число N ділянок небозводу, видимого з розрахункової точки, то рівняння (2.97) можна записати у вигляді:

$$\epsilon = \frac{N}{10000} \cdot 100 = 0,01N. \quad (2.98)$$

Для визначення N служать графіки I та II (додатки 2.15 і 2.16).

Розрахунок КПО слід виконувати:

- при боковому освітленні за формулою

$$\epsilon_p^b = (\epsilon_b \cdot q + \epsilon_{\text{бп}} \cdot R) \cdot r_1 \cdot \frac{\tau_0}{K_s}; \quad (2.99)$$

- при верхньому освітленні за формулою

$$\epsilon_p^* = [\epsilon_s + \epsilon_{\text{ср}} \cdot (r_2 \cdot K_s - 1)] \cdot \frac{\tau_0}{K_s}; \quad (2.100)$$

– при верхньому та боковому освітленні за формулою

$$e_p^k = e_p^* + e_p^b, \quad (2.101)$$

де ϵ_b – геометричний КПО в розрахунковій точці при боковому освітленні, який враховує пряме світло неба та визначається за графіками Данилюка I і II (додатки 2.15 і 2.16);

q – коефіцієнт, який враховує нерівномірну яскравість хмарного неба МКО (за визначенням Міжнародної комісії з освітлення – МКО) та визначається за таблицею 2.37;

Таблиця 2.37

Значення коефіцієнта q [17]

| Кутова висота середини світлового прорізу над робочою поверхнею, град | Значення коефіцієнта q | |
|---|-------------------------------------|-------------------------|
| | У зоні зі стійким сніговим покривом | Решта території України |
| 2 | 0,71 | 0,46 |
| 6 | 0,74 | 0,52 |
| 10 | 0,77 | 0,58 |
| 14 | 0,80 | 0,64 |
| 18 | 0,84 | 0,69 |
| 22 | 0,86 | 0,75 |
| 26 | 0,90 | 0,80 |
| 30 | 0,92 | 0,86 |
| 34 | 0,95 | 0,91 |
| 38 | 0,98 | 0,96 |
| 42 | 1,00 | 1,00 |
| 46 | 1,04 | 1,04 |
| 50 | 1,08 | 1,08 |
| 54 | 1,12 | 1,12 |
| 58 | 1,16 | 1,16 |
| 62 | 1,18 | 1,18 |
| 66 | 1,21 | 1,21 |
| 70 | 1,23 | 1,23 |
| 74 | 1,25 | 1,25 |
| 78 | 1,27 | 1,27 |
| 82 | 1,28 | 1,28 |
| 86 | 1,28 | 1,28 |
| 90 | 1,29 | 1,29 |

Примітка. При проміжних значеннях кутової висоти значення q знаходиться лінійною інтерполяцією.

$\epsilon_{\text{вн}}$ – геометричний КПО в розрахунковій точці при боковому освітленні, який враховує світло, відбите від протилежних будівель та визначається за графіками I і II (додатки 2.15 і 2.16);

R – коефіцієнт, який враховує відносну яскравість протилежної будівлі та приймається за таблицею 2.38;

Значення коефіцієнта R [17]

| Оздоровлюваний матеріал фасаду протилежної будівлі | Індекс про- тилежної будівлі в плані Z_1 | Індекс протилежної будівлі у розрізі Z_2 | | | | | | Схеми розташування протилежної будівлі | |
|--|--|--|------|------|------|------|------|--|------|
| | | 0,1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 3 | | 4 |
| Цегла або бетон | 1 | 0,14 | 0,25 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | 0,15 | 0,11 | 0,06 |
| | 1,5 | 0,14 | 0,23 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,14 | 0,10 | 0,05 |
| | 3 | 0,14 | 0,21 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,12 | 0,08 | 0,04 |
| | 6 | 0,14 | 0,20 | 0,22 | 0,20 | 0,17 | 0,12 | 0,08 | 0,04 |
| | ≥ 10 | 0,14 | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,11 | 0,08 | 0,04 |
| Плутка облицювально-керамічна | 1 | 0,16 | 0,30 | 0,30 | 0,26 | 0,23 | 0,17 | 0,13 | 0,07 |
| | 1,5 | 0,16 | 0,26 | 0,28 | 0,25 | 0,22 | 0,16 | 0,12 | 0,06 |
| | 3 | 0,16 | 0,24 | 0,26 | 0,24 | 0,20 | 0,14 | 0,10 | 0,05 |
| | 6 | 0,16 | 0,23 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,13 | 0,09 | 0,05 |
| | ≥ 10 | 0,16 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,12 | 0,09 | 0,04 |
| Фарба фасада кольорова на бетоні світла атмосферо-стійка | 1 | 0,2 | 0,36 | 0,37 | 0,33 | 0,29 | 0,21 | 0,16 | 0,08 |
| | 1,5 | 0,2 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,28 | 0,20 | 0,15 | 0,07 |
| | 3 | 0,2 | 0,30 | 0,33 | 0,30 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,06 |
| | 6 | 0,2 | 0,29 | 0,32 | 0,29 | 0,24 | 0,17 | 0,12 | 0,06 |
| | ≥ 10 | 0,2 | 0,26 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,16 | 0,11 | 0,06 |
| Фарба фасада на бетоні біла атмосферо-стійка | 1 | 0,25 | 0,45 | 0,46 | 0,4 | 0,37 | 0,27 | 0,20 | 0,10 |
| | 1,5 | 0,25 | 0,42 | 0,44 | 0,4 | 0,35 | 0,24 | 0,19 | 0,09 |
| | 3 | 0,25 | 0,38 | 0,41 | 0,37 | 0,32 | 0,22 | 0,15 | 0,08 |
| | 6 | 0,25 | 0,37 | 0,4 | 0,36 | 0,31 | 0,21 | 0,15 | 0,08 |
| | ≥ 10 | 0,25 | 0,33 | 0,36 | 0,32 | 0,28 | 0,19 | 0,14 | 0,07 |

I_p, H – довжина і висота протилежної будівлі, м.

l – відстань розрахункової товщини A в напрямленні, прийняється від зовнішньої поверхні фасадної стіни, м.

R – відносність протилежної будівлі, м.

a, b_1 – ширина вікна в плані та висота верхньої грані вікна над відлогою.

Примітка. При розташуванні протилежної будівлі торцем значення коефіцієнта R зменшуються на 1,5.

ε_g – геометричний КПО в розрахунковій точці при верхньому освітленні, який визначається за графіками II і III (додатки 2.16 і 2.17);

$\varepsilon_{\text{ср}}$ – середнє значення геометричного КПО при верхньому освітленні на лінії перетину робочої поверхні та площини характерного вертикального розрізу приміщення, яке визначається із співвідношення:

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \cdot (\varepsilon_{g1} + \varepsilon_{g2} + \varepsilon_{g3} + \dots + \varepsilon_{gN}), \quad (2.102)$$

N – кількість розрахункових точок;

$\varepsilon_{g1}; \varepsilon_{g2}; \varepsilon_{g3}; \dots; \varepsilon_{gN}$ – геометричний КПО в розрахункових точках.

Середнє значення КПО $e_{\text{ср}}$ при верхньому або верхньому і боковому освітленні визначається за формулою:

$$e_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1} \cdot \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + e_{N-1} + \frac{e_N}{2} \right), \quad (2.103)$$

де N – кількість точок, в яких визначається КПО;

$e_1; e_2; e_3; \dots; e_N$ – значення КПО при верхньому або верхньому і боковому освітленні в точках характерного розрізу приміщення, яке визначається за формулами 2.100 і 2.102.

Допускається відхилення розрахункового значення КПО e_p від нормативного КПО e_n на $\pm 10\%$.

Геометричний коефіцієнт природної освітленості, який враховує пряме світло від неба в будь-якій точці приміщення будівлі при боковому освітленні, визначається за допомогою графіків I і II (додатки 2.15 і 2.16) та за формулою:

$$\varepsilon_g = 0,01(n_1 \cdot n_2), \quad (2.104)$$

де n_1 – кількість променів за графіком I, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на поперечному розрізі приміщення (рис. 2.36);

n_2 – кількість променів за графіком II, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на плані приміщення (рис. 2.37).

Геометричний коефіцієнт природної освітленості, який враховує світло, відбите від протилежної будівлі $\varepsilon_{\text{вд}}$ при боковому освітленні, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вд}} = 0,01(n'_1 \cdot n'_2), \quad (2.105)$$

де n'_1 — кількість променів за графіком I, які проходять від протилежної будівлі через світловий проріз у розрахункову точку на поперечному розрізі приміщення (рис. 2.38);

n'_2 — кількість променів за графіком II, які проходять від протилежної будівлі через світловий проріз у розрахункову точку на плані приміщення (рис. 2.37).

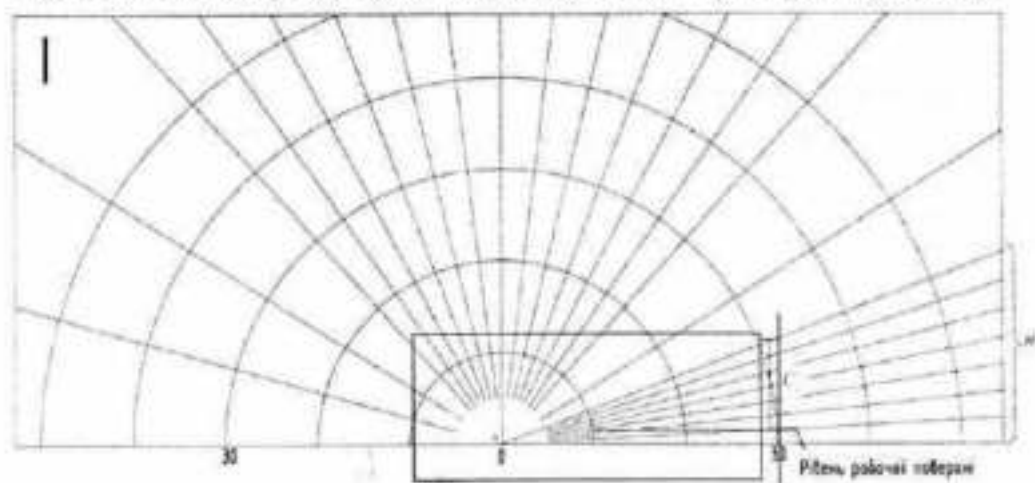


Рис. 2.36. Визначення кількості променів n_1 , які проходять через світлові прорізи в стіні при боковому освітленні за графіком I

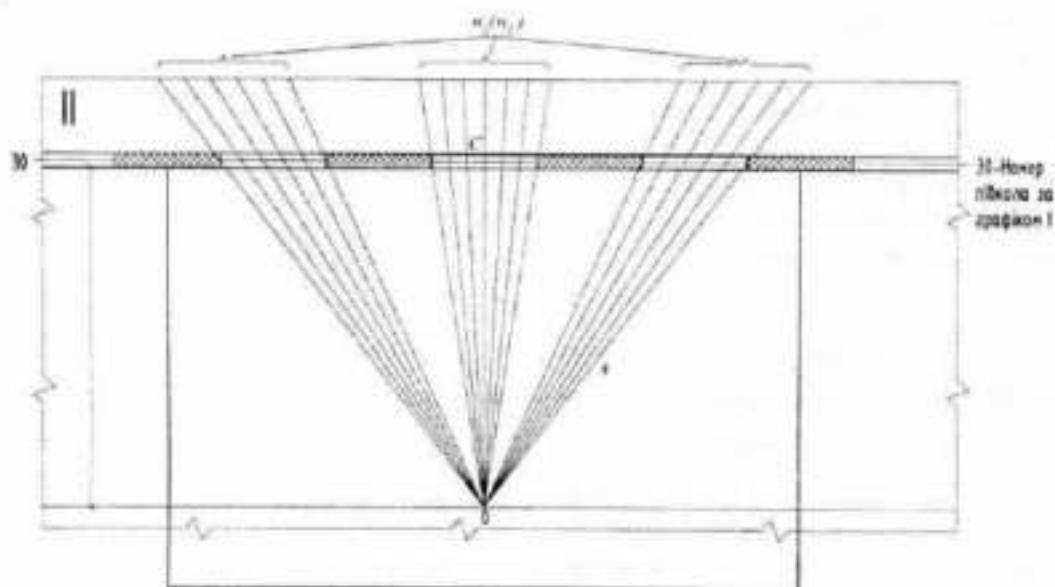


Рис. 2.37. Визначення кількості променів n_2 і n'_2 , які проходять через світлові прорізи в стіні при боковому освітленні за графіком II

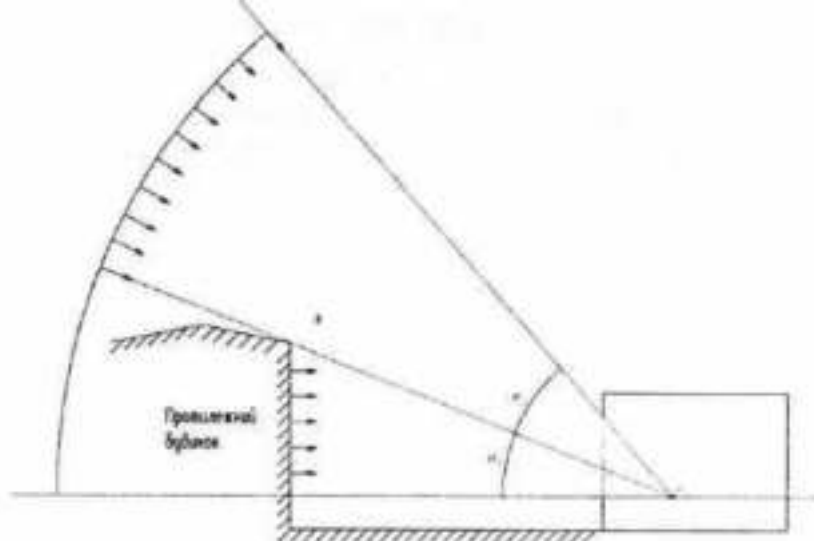


Рис. 2.38. Визначення кількості променів n_1 і n'_1 (від неба і від протилежної будівлі), які проходять через світлові прорізи в стіні за графіком I

Підрахунок кількості променів за графіками I і II проводиться у наступному порядку:

1. Графік I накладається на креслення поперечного розрізу приміщення будівлі, центр графіка O суміщається з розрахунковою точкою A, а нижня лінія графіка – зі слідом робочої поверхні (рис. 2.36).
2. Підраховується кількість променів n_1 , які проходять через світлові прорізи.
3. Відмічається номер півкола на графіку I, яке проходить через точку C_1 – середину світлового прорізу на розрізі будівлі (рис. 2.36).
4. Графік II накладається на план приміщення так, щоб його вертикальна вісь і горизонталь, номер якої відповідає номеру півкола за графіком I, проходила через точку C – середину світлового прорізу на плані будівлі (рис. 2.37).
5. Підраховується кількість променів n_2 за графіком II, які проходять через світлові прорізи.
6. Визначається геометричний коефіцієнт природньої освітленості за формулою (2.104).

Підрахунок променів, відбитих від протилежної будівлі n'_1 і n'_2 , та які проходять через світловий проріз, проводиться за графіками I і II аналогічно (рис. 2.38).

Геометричний коефіцієнт природньої освітленості в якій-небудь точці приміщення при верхньому освітленні E_u визначається за формулою:

$$\varepsilon_n = 0,01 (n_1 \cdot n_2), \quad (2.106)$$

де n_1 – кількість променів за графіком III, які проходять від неба в розрахункову точку через світлові прорізи на поперечному розрізі приміщення;

n_2 – кількість променів за графіком II, які проходять від неба в розрахункову точку через світлові прорізи на поздовжньому розрізі приміщення.

Підрахунок кількості променів за графіками III і II проводиться в наступному порядку:

1. Графік III накладається на креслення поперечного розрізу приміщення, центр графіка O суміщається з розрахунковою точкою Б, а нижня лінія графіка III – зі слідом робочої поверхні.

2. Підраховується кількість променів n_1 , які проходять від неба в розрахункову точку Б через світлові прорізи (рис. 2.39).

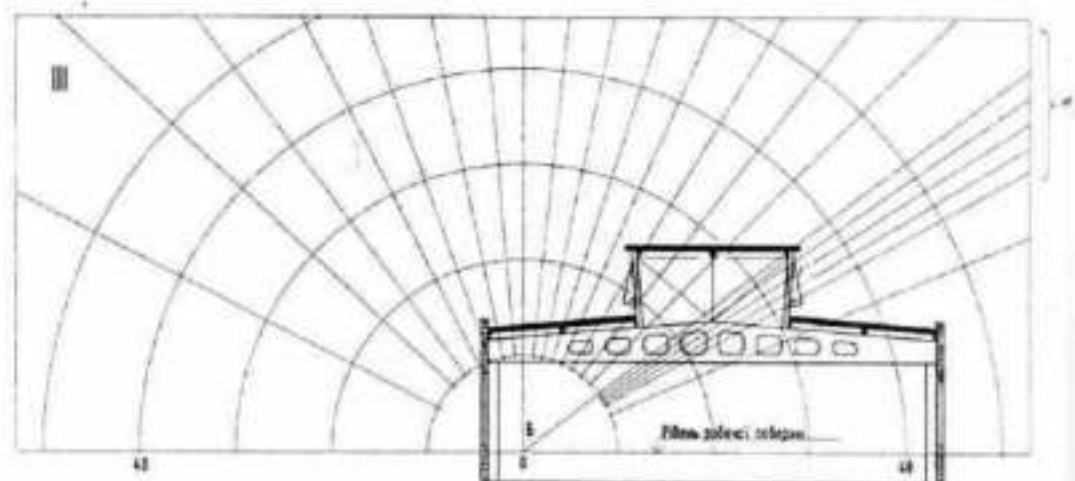


Рис. 2.39. Визначення кількості променів n_1 , які проходять через світлові прорізи при верхньому освітленні за графіком III

3. Відмічається номер півкола на графіку III, яке проходить через точку C_2 – середину світлового прорізу.

4. Графік II накладається на креслення поздовжнього розрізу приміщення чи плану так, щоб його вертикальна вісь і горизонталь, номер якої відповідає номеру півкола за графіком III, проходили через точку C_2 (рис. 2.40).

5. Підраховується кількість променів n_2 за графіком II, які проходять від неба через світлові прорізи.

6. Визначається геометричний коефіцієнт природної освітленості за формулою 2.106.

Встановлені розрахунком розміри світлових прорізів дозволяється збільшувати або зменшувати на 10 %.

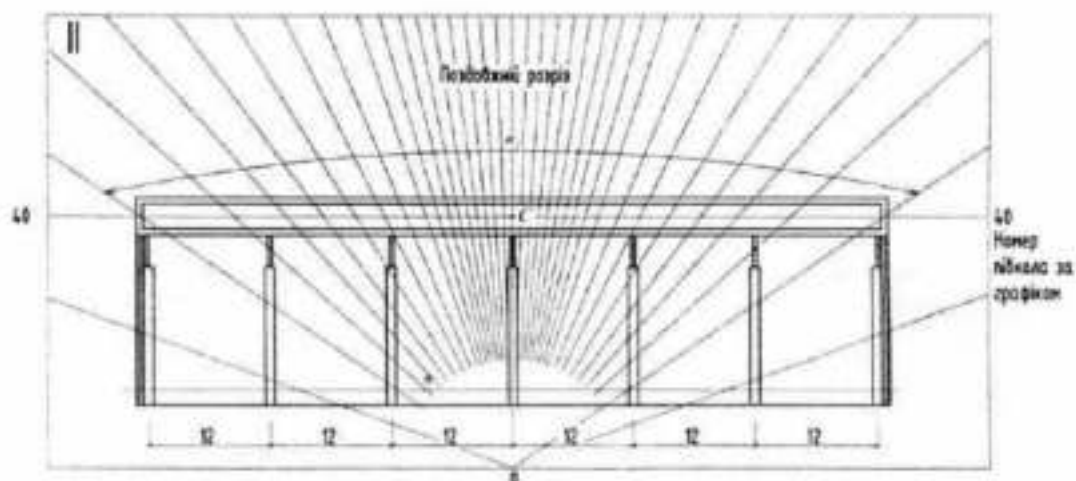


Рис. 2.40. Визначення кількості променів n_2 , які проходять через світлові прорізи при верхньому освітленні за графіком II

Експериментальні дослідження в природних умовах проводяться шляхом виміру КПО в приміщеннях існуючих будівель, в основному, з метою констатації існуючих параметрів природного освітлення для оцінки функціонального призначення приміщень. Виміри КПО виконуються з допомогою люксметрів, які повинні бути попередньо проградуєвані на фотометричній лаві та мати світлофільтри для косинусної та спектральної корекції селенових фотоелементів.

Враховуючи, що всі розрахунки та норми КПО виходять із стандартної хмарності неба, виміри КПО можуть проводитися тільки при суцільній рівномірній восьмибальній хмарності. Здійнюються одночасні виміри природної освітленості всередині приміщення та на горизонтальній площадці під повністю відкритим небосхилом. Виміри природної освітленості всередині приміщення здійснюються не менше ніж у п'яти точках, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення і робочої поверхні. Перша та остання точки приймаються на відстані 1 м від поверхні зовнішніх і внутрішніх стін або перегородок чи осей середніх колон.

Внаслідок мінливості природної освітленості, навіть при суцільній хмарності, кожний вимір освітленості всередині приміщень повинен супроводжуватися одночасним виміром зовнішньої освітленості.

КПО у відсотках визначається за формулою (2.89),

де E_n – значення виміру природної освітленості в точці характерного розрізу всередині приміщення;

E_3 – значення виміру природної освітленості на горизонтальній площадці під повністю відкритим небосхилом.

Виміри в кожній точці для виключення випадкових помилок слід проводити не менше двох разів, а отримані результати необхідно усереднювати.

2.3.4. Основи інсоляції житла

При проектуванні житлових будинків і території житлової забудови необхідно вирішувати задачі, пов'язані з інсоляцією, суть якої полягає в оздоровчому, психофізіологічному, а також бактерицидному впливах сонячного опромінення на людину.

Інсоляція – це сумарне сонячне опромінення приміщень будівель і території забудови. Розрізняють світловий, тепловий, бактерицидний і психофізіологічний вплив інсоляції на людину, сприятливий або небажаний залежно від тривалості та інтенсивності. Урахування показників інсоляції в процесі проектування будівель дозволяє створити умови для сприятливого і уникнути небажаного ефекту відповідними прийомами забудови, орієнтацією будівель або приміщень за сторонами світу, товщиною стін, розмірами світлових прорізів, улаштуванням веранд, лоджій, пристроїв захисту від сонця.

Кожний живий організм на землі перебуває у стані безупинного променевого теплообміну з навколишнім середовищем. Стан організму людини значною мірою залежить від температури середовища і балансу температур у ньому.

Не менш важливу роль у житті людини відіграє видиме світло, воно, як і все випромінювання сонячного спектра, буває у вигляді прямих і дифузних променів. Безбарвне сонячне світло охоплює сонячний спектр від ультрафіолетового до інфрачервоного випромінювання у такій послідовності: фіолетові, сині, зелені, жовті, жовтогарячі та червоні промені. Завдяки органам зору, що сприймають видиме світло, людина орієнтується у навколишньому середовищі, може безпечно пересуватися, виконувати роботу і функціонувати як витвір живої природи, який на відміну від більшості тварин, здатний бачити навколишній світ у «кольорі».

Під впливом природного світла перебувають такі функції організму, як дихання, кровообіг, робота ендокринної та ферментної систем, які радикально змінюють інтенсивність життєвих процесів. Організм людини чутливо реагує на зміни освітленості в навколишньому середовищі. Чим нижча освітленість, тим більше знижується життєдіяльність організму і рівень працездатності. Під впливом яскравого світла покращується психологічний стан людини, підвищується тонус, поліпшується самопочуття. Так само реагує наш організм на зменшення тривалості днів восени і подовження навесні [50].

Ультрафіолетове випромінювання здатне руйнувати складні органічні сполуки та убивати живі клітини, а у великих дозах може спричинити опік очей і шкіри. Оздоровчу дію сонячної радіації та її ультрафіолетової складової можна вбачати у зникненні рівня захворюваності. Ультрафіолетове випромінювання здатне підвищувати захисні властивості організму, стимулюючи обмінні процеси. Сонячні ультрафіолетові промені невеликої смуги спектра, потрапляючи на шкіру людини, зумовлюють інтенсивний приплив до неї крові. З часом шкіра рожевіє, стає гарячою, з'являється калорична еритема. Майже відразу після припинення опромінення рожевіння зникає і через 2...7 годин шкіра знову набуває рожевого кольору з наступною пігментацією та деяким оновленням епідермісу. Цей новий процес запалення шкіри називають *ультрафіолетовою еритемою*, яка відбувається в асептичному, безмікробному стані.

Для захисту від ультрафіолетових променів епідерміс шкіри людини потовщується, грубішає, і що далі, тим важче стає проникнути в організм не тільки ультрафіолетовим, а й іншим променям сонця. Ця захисна реакція організму виявляється придатною і від мікробів.

Із появою ультрафіолетової еритеми в організмі людини виробляється вітамін D, який усмоктується у кров. Він сприяє засвоєнню організмом кальцію, бере участь у згортанні крові, регулює активність різних ферментів тощо.

Люди, які тривалий час живуть без сонячного світла, швидко втомлюються, стають дратівливими, у них виникає безсоння та інші розлади функції нервової системи. Навпаки, за наявності природного світла, здатного забезпечити ультрафіолетову еритему, підвищується робота кровотворних органів, дихання клітин і організму загалом, активізується обмін речовин [50].

До задач розрахунку інсоляції належать:

- визначення тривалості інсоляції фасадів будівель;
- визначення тривалості інсоляції приміщень будівель;
- визначення мінімального розриву між поздовжніми боками будівель із умов забезпечення нормованої тривалості інсоляції приміщень;
- побудова конвертів тіні від будівель для визначення ступеня затінення території;
- побудова конвертів інсоляції на робочих площинах у приміщенні;
- побудова гарантійно-інсоляційних зон (ГІЗ) для забудови певної поверховості, для вікон окремих приміщень і узагальнених ГІЗ;
- визначення умов інсоляції приміщень у складних умовах рельєфу;
- розрахунок вертикальних і горизонтальних сонцезахисних пристроїв;
- розрахунок бактерицидної дози інсоляції;
- визначення ступеня опромінення окремих частин території;
- розрахунки інсоляції, пов'язані з оптимальною орієнтацією геліоприймачів, визначенням їх продуктивної спроможності.

З усіх цих розрахунків найпоширенішими є ті, що потрібно виконувати за вимогами будівельних норм проектування, а саме: визначення тривалості інсоляції приміщень і території. У деяких випадках замість цих розрахунків і визначень будують ГІЗи. Менш поширеним розрахунком є визначення ступеня затінення території та розрахунок сонцезахисних пристроїв. Для вирішення завдань з інсоляції застосовують аналітичні, графічні й графоаналітичні, табличні та інструментальні методи, а у практиці проектування – спосіб природних спостережень і вимірювань. Проектувальники найчастіше користуються графічним та інструментальним методами [50].

Методика розрахунку інсоляції оснований на географічному поділі території країни на пояси із широтою 5° . Для України це, відповідно, будуть пояси із центрами 50° і 45° північної широти. Розв'язання задач інсоляції, сонцезахисту та оцінки умов надходження сонячної енергії на поверхні будівель або спеціальних

геліоприймальних пристроїв пов'язане із визначенням змінних у часі координат Сонця. Це можна здійснювати за допомогою графічних моделей, на які нанесені координатна сітка азимутів і висот сонцестояння, траєкторії Сонця для характерних днів року, побудованих на цій сітці, з градуюванням на траєкторіях годин дня. Такі моделі називають *сонячними картами*. Метод розрахунку тривалості інсоляції приміщень за допомогою сонячних карт наведено у [40, 44].

Умови та тривалість інсоляції приміщень і територій забудови в Україні регламентують санітарні норми, правила інсоляції та відповідні типологічні норми і правила [9, 11, 13]. При проектуванні житлових утворень необхідно виконувати наступні вимоги [13]:

- розміщення та орієнтація житлових будинків повинні забезпечити безперервну тривалість інсоляції приміщень і територій не менше 2,5 години на день на період з 22 березня до 22 вересня;

- розміщення та орієнтація житлових будинків розташованих на територіях південніше 48° географічної широти повинні забезпечити безперервну тривалість інсоляції приміщень і територій не менше 2 годин на день на період з 22 лютого до 22 жовтня;

- допускається одноразове переривання інсоляції при умові збільшення її сумарної тривалості на 0,5 години на день;

- у житлових будинках меридіонального типу, де інсолюються всі кімнати квартири, а також при реконструкції житлової забудови або при розміщенні нового будівництва у складних містобудівельних умовах (історично цінне міське середовище, дорога підготовка території, зона загальноміського центру) допускається скорочення тривалості інсоляції на 0,5 години;

- для приміщень житлових будинків нормована тривалість інсоляції повинна бути забезпечена: в одно-, дво- і трикімнатних квартирах – не менше, ніж в одній кімнаті; у чотири- і п'ятикімнатних – не менше ніж у двокімнатних; у шести- і більше кімнатних – не менше ніж у трикімнатних. У гуртожитках повинні інсолуватися не менше 60% житлових кімнат;

- літні приміщення не повинні порушувати нормативні вимоги щодо інсоляції квартир. Тому проектування лоджій та балконів перед кімнатами за умовами забезпечення нормованою інсоляцією квартир необхідно супроводжувати інсоляційними розрахунками, які дають можливість визначити інсоляційний режим кімнат у будь-який день року. У випадках проектування балконів перед такими кімнатами може бути доцільним їх зміщення відносно вікон: у кімнатах східної та західної орієнтації у північному напрямку, у кімнатах південної орієнтації у довільному напрямку;

- у розрахункову тривалість інсоляції не включається одна година після сходу сонця та одна година до заходу сонця, що пояснюється майже повною відсутністю ультрафіолетової складової радіації у низьких сонячних променях [40];

– у III і IV кліматичних зонах України потрібний захист будівель і територій від перегрівання шляхом застосування вільної забудови, що добре аерується, озеленення і обводнення території та використання сонцезахисних пристроїв;

– для територій нормована тривалість інсоляції повинна бути забезпечена на дитячих ігрових, спортивних площадках і у зонах відпочинку житлових будинків;

– затінення фасадів будинків і території житлової забудови протягом цілого року не допускається.

– основним засобом забезпечення нормативної тривалості інсоляції приміщень є правильна орієнтація світлових прорізів по відношенню до сторін горизонту. Несприятливі сектори горизонту, північний А і південно-західний Б, заштриховані на рис. 2.41;

– орієнтація квартир, у яких усі вікна житлових кімнат виходять на один бік будинку у межах $320^{\circ} \dots 40^{\circ}$ (сектор А) є недопустимою для усіх фізико-географічних підзон України;

– приміщення з орієнтацією вікон $200^{\circ} \dots 290^{\circ}$ (сектор Б) надмірно перегріваються, тому при будівництві у III та IV фізико-географічних районах потребують сонцезахисту;

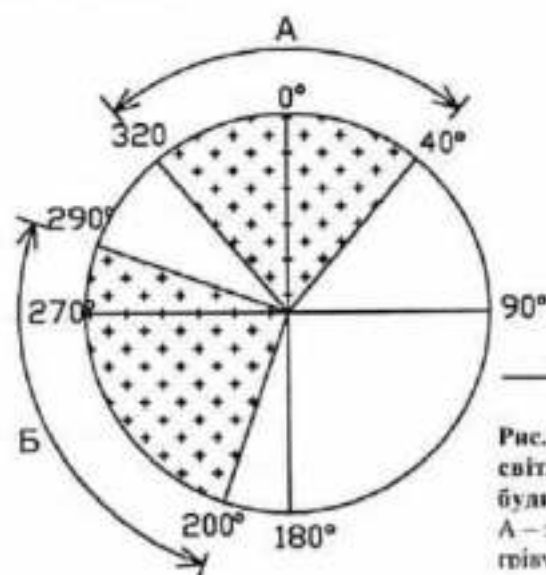


Рис. 2.41. Сектори несприятливої орієнтації світлових прорізів приміщень житлових будинків на території України:

А – за умов дефіциту інсоляції; Б – за умов перегріву (для III та IV кліматичних зон)

– сонцезахист житлових кімнат і кухонь бажаний також і при їх орієнтації на інші сторони горизонту, за винятком північної;

– для обмеження надходження зайвої сонячної радіації до приміщень слід застосовувати сонцезахисні пристрої (СЗП). Горизонтальні СЗП найбільш ефективні при південній орієнтації вікон, вертикальні – при орієнтації вікон на північний схід і північний захід, комбіновані та стільникові – при південно-західній та південно-східній орієнтації, регульовані СЗП і сонцезахисні кожухи можуть застосовуватися при будь-якій орієнтації вікон [40, 44].

2.4. Архітектурно-будівельна акустика

2.4.1. Основні положення акустики

Акустика – це розділ фізики, який досліджує пружні хвилі від найнижчих частот до найвищих ($10^{12} \dots 10^{13}$ Гц), вивчає закономірності їх випромінювання та розповсюдження в різних середовищах, а також взаємодію із середовищем.

Архітектурно-будівельна акустика – це частина будівельної фізики, галузь акустики. Вона поділяється на два напрямки:

– *архітектурна акустика*, яка вивчає процеси поширення в будівлях і місто-будівельних утворених звукових хвиль, акустичний режим приміщень та умови планування і забудови населених пунктів;

– *будівельна акустика*, яка вивчає акустичні характеристики будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, проблеми захисту середовища життєдіяльності людини від негативних шумових впливів і створення оптимального акустичного режиму.

Архітектурно-будівельна акустика обґрунтовує планувально-містобудівні, композивальні, конструктивні заходи щодо зниження рівня шуму і забезпечення потрібного звукопоглинання та звукопідсилювання в забудові міст, окремих будівель і приміщеннях, особливо в таких, де повинні бути створені умови для сприймання музики, співу, мови (театри, концертні зали, зали засідань тощо).

Звук – це хвильові коливання пружного матеріального середовища, що викликані будь-яким джерелом звуку, які сприймаються вухом людини та тварин.

При коливанні будь-якого тіла, що знаходиться у повітряному середовищі, прилеглі до нього частинки повітря також приходять у коливальний стан. У силу пружної взаємодії між частинками повітря коливальний процес розповсюджується від джерела до периферії. Такий процес називається хвиленням, а періодичні збурення середовища – *звуковою хвилею*. Швидкість розповсюдження звукової хвилі залежить від характеристик середовища. Якщо джерело випромінює гармонійні (синусоїдальні) коливання, тоді за час, протягом якого здійснюється одне повне коливання випромінювача, тобто за період T , звуковий процес розповсюдиться на відстань, яка дорівнює довжині хвилі, λ . При частоті коливань f , за одну секунду звукова хвиля розповсюдиться на відстань, яка дорівнює швидкості звуку, м/с:

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.107)$$

де λ – довжина звукової хвилі, м;

f – частота звукових коливань, Гц.

Область середовища, в якому розповсюджуються звукові хвилі, називається *звуковим полем*. При розповсюдженні звукової хвилі слід розрізнити два різних явища: рух частинок середовища у хвилі та переміщення самої хвилі у середовищі. Коливальні швидкості частинок середовища у декілька тисяч разів менше швидкості звуку [32].

У повітрі та у рідинах утворюються і розповсюджуються тільки *попдовжні хвилі*, в яких коливання частинок середовища збігаються із напрямом розповсю-

дження звукових хвиль (рис. 2.42, а). **Поперечні звукові хвилі** виникають при розповсюдженні коливань у твердих тілах. При поперечних хвилях частинки середовища зміщуються перпендикулярно напрямку розповсюдження звукової хвилі (рис. 2.42, б). У твердих тілах можливі різні комбінації поздовжніх і поперечних хвиль. Наприклад, в тонких конструкціях, коли її товщина менше $1/6$ довжини хвилі, виникають **згинальні хвилі** (рис. 2.42, в), процес розповсюдження яких досить складний, а швидкість залежить від частоти коливань. Саме згинальні сили здійснюють найбільший вплив на передачу звуку по конструкціях будівель.

Колівні рухи частинок середовища при розповсюдженні звукової хвилі за своєю фізичною природою є механічними коливаннями.

При розповсюдженні звукової хвилі у кожній точці звукового поля спостерігаються по чергову деформації стиску і розрідження, що приводить до зміни тиску в середовищі, порівняно з атмосферним тиском. Різниця між атмосферним тиском і тиском у даній точці звукового поля називається **звуковим тиском** P , Па. Звуковий тиск є скалярною величиною, тому що у кожній точці звукового поля діє рівномірно в усі боки, а його величина є функцією часу і координат цієї точки. При синусоїдальних коливаннях ефективне значення звукового тиску буде в $\sqrt{2}$ раз менше від амплітудних його значень. Ефективне значення довільного коливання визначається наступними співвідношеннями:

$$\bar{P}^2 = \frac{1}{2} \int P(t)^2 dt$$

$$\bar{P} = \sqrt{\bar{P}^2}, \quad (2.108)$$

де $P(t)$ – звуковий тиск у точці середовища, як функція часу.

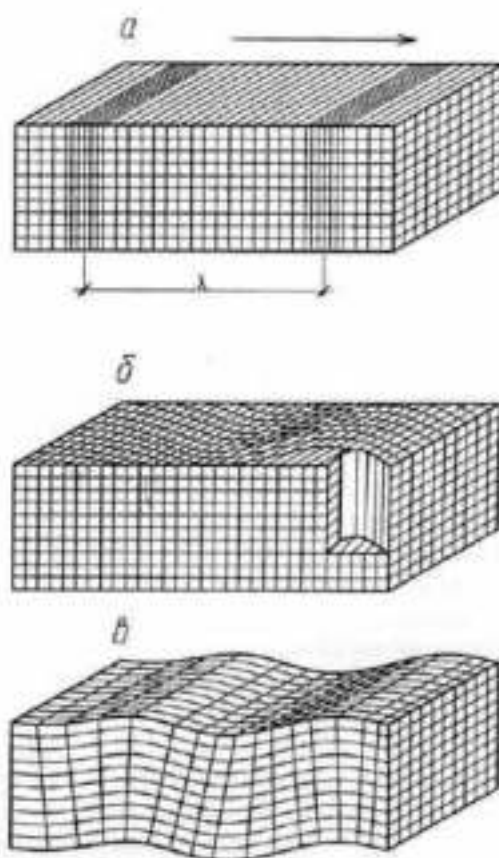


Рис. 2.42. Основні типи хвиль в твердих середовищах:
а – поздовжні; б – поперечні; в – згинальні

Фронтом хвилі називають поверхню, що проходить через частинки середовища, які здійснюють коливання в одній фазі. У кожній точці фронту напрям розповсюдження звуку – це нормаль до його поверхні. Розрізняють три типи звукових хвиль, які різняться формою фронту: **плоскі** – з фронтом у вигляді площини, нормальної до напрямку розповсюдження, **сферичні** – з фронтом у вигляді сфери та **циліндричні** – з формою фронту у вигляді бокової поверхні циліндра (рис. 2.43).

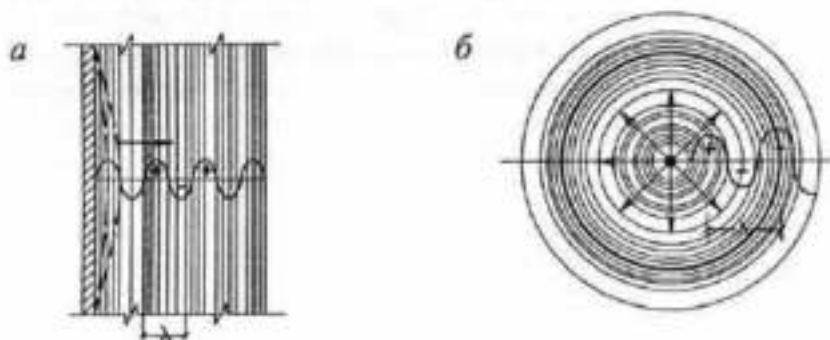


Рис. 2.43. Звукові хвилі в повітрі та рідинах:
а – плоскі; б – сферичні

Швидкість розповсюдження звуку залежить від густини, температури, вологості та інших характеристик повітряного середовища. При нормальному атмосферному тиску і температурі 273 К (0 °С) швидкість звуку 331 м/с. У розрахунках приймають швидкість розповсюдження звуку в повітрі при температурі 290 К (17 °С), яка дорівнює 340 м/с.

На відкритому просторі розповсюджуються **біжучі** звукові хвилі, а при наявності перешкод виникають і **відбиті** звукові хвилі.

Розповсюдження звукової хвилі супроводжується перенесенням енергії, яка є функцією звукового тиску P , і коливальної швидкості v у кожній точці середовища.

Інтенсивність або **сила звуку**, I , (Вт/м²), визначає кількість звукової енергії, яка потрапляє за 1 с на 1 м² площі поверхні, перпендикулярної до напрямку розповсюдження звукової хвилі.

Для вільного звукового поля, в якому звукові хвилі приходять лише у одному напрямі від джерела, інтенсивність звуку I визначається за формулою:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c} \quad (2.109)$$

де P – кількість звукової енергії, що випромінюється в одиницю часу, Вт;

ρ – густина середовища, кг/м³;

c – швидкість звуку в середовищі, м/с.

Колівання частинок повітря, що досягають вуха людини, тиснуть на барабанну перетинку. Тиск періодично змінюється. Колівання барабанної перетинки викликають подразнення слухового нерва, яке сприймається людиною як звук.

Частота коливань, при яких коливальний процес викликає відчуття звуку у людини знаходиться в діапазоні 16...20000 Гц. Коливання з частотою менше 16 Гц називаються *інфразвуком*, а з частотою вище 20000 Гц – *ультразвуком* і слухом людини не сприймаються.

Вухо людини здатне чути дуже різні за інтенсивністю звуки від ледь чутних $I = 10^{-12}$ Вт/м² до тих, які викликають пошкодження барабанної перетинки $I = 10^2$ Вт/м². При цьому вухо людини здатне оцінювати неабсолютні, а відносні зміни звукового тиску або сили звуку. Різниця рівнів інтенсивності звуків у 1дБ відповідає мінімальній величині, яка помітна слухом, при цьому інтенсивність звуку змінюється у 1,26 разів. Якщо різниця рівнів складає 3 дБ, тоді інтенсивність звуку змінюється вже у 2 рази. Тому для нормування та розрахунків в акустиці використовують логарифмічні величини – рівень інтенсивності звуку L_I (дБ) і рівень звукового тиску L_p (дБ).

Рівень інтенсивності звуку L_I , дБ визначають за формулою:

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.110)$$

де I – інтенсивність звуку, Вт/м²;

I_0 – порогова інтенсивність звуку (найменше значення, при якому звук починає сприйматися вухом людини, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² на частоті 1000 Гц), Вт/м².

Рівень звукового тиску L_p , дБ розраховується за формулою:

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad (2.111)$$

де P – величина звукового тиску, Па;

P_0 – пороговий звуковий тиск, який дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Чутливість слуху людини залежить як від частоти звуку, так і від рівня звукового тиску. На рис. 2.44 показана область слухового сприйняття звуку. Вухо людини має найбільшу чутливість на середніх і високих частотах (500...3200 Гц), а найменшу – на низьких (100...500 Гц). На рис. 2.44 пунктирною лінією зображені геометричні місця точок однакової гучності. Так, звук частотою 1000 Гц з рівнем звукового тиску 40 дБ буде уявлятися рівногучним звуку частотою 50 Гц з рівнем звукового тиску 74 дБ. Чим вище рівень звукового тиску, тим менше чутливість слуху людини залежить від частоти коливань звуку [2]. Рівні інтенсивності звуку не враховують чутливості слуху до звуків різної частоти та не надають правильного уявлення про гучність звуку. *Рівень гучності* вимірюється порівнянням даного звуку з гучністю еталонного звуку, частота якого дорівнює 1000 Гц. Таким чином, криві гучності зображують порівняльну гучність звуку будь-якої частоти із рівногучним звуком частотою 1000 Гц. При цьому рівень гучності звуку, виражений у *фонах*, чисельно дорівнює рівню звукового тиску, що виражений у дБ для звуку частотою 1000 Гц [32].

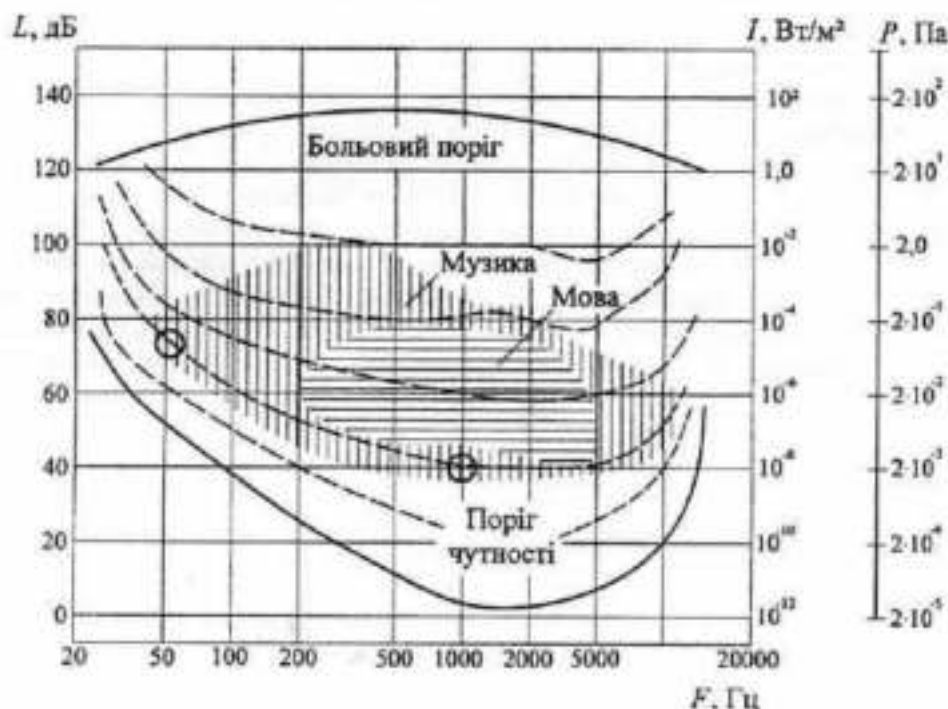


Рис. 2.44. Область слухового сприйняття звуку:

L – рівень звукового тиску; I – інтенсивність звуку; P – звуковий тиск; F – частота звукових коливань.

Гучність звуку – це величина слухового відчуття, яка залежить від інтенсивності звуку та його частоти. При незмінній частоті гучність звуку зростає із збільшенням інтенсивності. При однаковій інтенсивності найбільшу гучність мають звуки у діапазоні частот 700...6000 Гц. Нульовий рівень гучності звуку відповідає звуковому тиску 20 мкПа і силі звуку 10^{-12} Вт/м² при частоті 1000 Гц.

Мінімальна сила звуку, що сприймається людським вухом, називається **порогом чутливості**, а максимальна – **порогом болю**. На рис. 2.44 зображені області слухового сприйняття голосу і музики. Вони займають не всю область чутливості. Таким чином, рівень звукового тиску не повністю характеризує звук з точки зору його сприйняття вухом людини. Тому при нормуванні шуму та оцінці звукоізоляції необхідно визначати спектр шуму (частотну характеристику), тобто розподіл рівнів звукового тиску за частотою.

Шум акустичний – це хаотичні звукові коливання різної фізичної природи, які характеризуються випадковими змінами амплітуди, частоти тощо. У побуті – це будь-які небажані для людини звуки, що заважають сприйняттю розмов, музики, відпочинку.

Зазвичай, шум здійснює шкідливий вплив на організм людини, у визначених умовах її життєдіяльності він може дратувати нервову систему, знижувати працездатність, викликати професійні захворювання, пов'язані із втратою або зниженням слуху. У залежності від способу збудження та шляхів розповсюдження визначають різні види шумів.

Повітряний шум – це шум, який розповсюджується повітряним шляхом. Він виникає при випромінюванні звуку (голосу людини, музичних інструментів, машин обладнання тощо) у повітряний простір, а досягаючи будь-якого огороження викликає його коливання. Коливані огорожувальні конструкції випромінюють звук у суміжні приміщення і, таким чином, повітряний шум може безпосередньо впливати на вухо людини.

Ударний шум утворюється внаслідок механічного впливу на конструкції будівлі (ходіння, падіння предметів на підлогу, ремонтні роботи тощо). При цьому виникають коливання перекриттів, стін, перегородок, які передаються у повітряний простір суміжних приміщень.

Структурний шум – це шум, який розповсюджується по конструкціях будівель. Він виникає при контакті будівельних конструкцій із різноманітним віброуючим обладнанням (обертовим, коливним, ударним).

Шуми різних джерел класифікують за характером спектра та за часовими характеристиками.

За характером спектра шуми поділяють на:

- широкосмугові з безперервним спектром шириною більше ніж одна октава;
- тональні, в спектрі яких є виражені дискретні тони.

За часовими характеристиками шуми поділяють на:

- постійні, рівень звуку яких змінюється у часі не більше ніж на 5 дБА;
- непостійні, рівень звуку яких змінюється у часі більше ніж на 5 дБА.

Непостійні шуми поділяють на:

- коливальні, рівень звуку яких безперервно змінюється у часі;
- переривчасті, рівень звуку яких змінюється східчасто на 5 дБА і більше, при цьому довжина часових інтервалів, під час яких рівень звуку залишається сталим, становить більше ніж 1 с;
- імпульсні, які складаються з одного, декількох або періодичних звукових сигналів (імпульсів) тривалістю менше ніж 1 с.

У залежності від рівня інтенсивності та спектра шуму розрізняють декілька ступенів впливу шуму на людину: I – шум з рівнями вище 120...140 дБ, який здатний викликати механічні пошкодження органів слуху; II – шум з рівнями 100...120 дБ на низьких частотах і 80...90 дБ на середніх та високих частотах, який може викликати незворотні зміни в органах слуху людини; III – шум нижчих рівнів, який шкідливо впливає на нервову систему людини, особливо зайнятої лише розумовою працею.

Відповідно до цих ступенів впливу шуму на людину здійснюється санітарне нормування рівнів шуму, що проникають в приміщення будівель від будь-яких джерел. Нормованими параметрами постійного шуму в розрахункових точках є рівні звукового тиску L , дБ, в октавних смугах частот із середніми геометричними частотами f , 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц. Для орієнтовних розрахунків допускається використовувати орієнтовану оцінку постійного широко-смугового шуму за величиною рівня звуку, коригованого за стандартною характеристикою корекції «А», L_{A} , дБА. Нормованими параметрами непостійного шуму (коливного та переривчастого) є одночасно еквівалентний за енергією $L_{A\text{екв}}$ в максимальній $L_{A\text{макс}}$ кориговані рівні звуку, дБА.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот $L_{A\text{доп}}$, дБ, кориговані рівні звуку $L_{A\text{доп}}$, дБА еквівалентні $L_{A\text{екв}}$, дБА і максимальні $L_{A\text{макс доп}}$, дБА, кориговані рівні звуку в приміщеннях житлових і громадських будівлях і на територіях, які захищаються від шуму, вибірково приймають відповідно до таблиці 2.39 [18].

Допустимі рівні шуму в приміщеннях будівель [18]

| Призначення приміщень і територій | Час доби | Рівні звукового тиску $L_{d,eq}$, дБ, в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц | | | | | | | | | Рівні звуку $L_{d,eq}$ та еквівалентні рівні звуку $L_{d,eq}$ дБ | Максимальні рівні звуку $L_{d,max}$ дБ |
|---|----------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|--|
| | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | | |
| 1. Операційні приміщення в лікарнях | – | 72 | 55 | 44 | 35 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 30 | 45 |
| 2. Палати лікарень і санаторіїв | День | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |
| | Ніч | 69 | 51 | 39 | 31 | 24 | 20 | 17 | 14 | 13 | 25 | 40 |
| 3. Кабінети лікарів | – | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |
| 4. Житлові кімнати в будинках категорій I і будинках категорій II | День | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |
| | | Ніч | 69 | 51 | 39 | 31 | 24 | 20 | 17 | 14 | 13 | 25 |
| | Ніч | 79 | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 | 40 | 55 |
| | | Ніч | 72 | 55 | 44 | 35 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 30 |
| 5. Кімнати в гуртожитках | День | 83 | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 | 60 |
| | Ніч | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |
| 6. Учні приміщення, зали театрів | – | 79 | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 8 | 40 | 55 |
| 7. Зали кафе, ресторани, фойє театрів | – | 89 | 75 | 66 | 59 | 54 | 50 | 47 | 45 | 43 | 55 | 70 |
| 8. Торговельні зали магазинів, зали пасажирські | – | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 | 75 |
| 9. Території біля житлових будинків | День | 89 | 75 | 66 | 59 | 54 | 50 | 47 | 45 | 43 | 55 | 70 |
| | Ніч | 83 | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 | 60 |
| 10. Площі відпочинку на території лікарень і санаторіїв | – | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |

У відповідності з міжнародною практикою диференційованого підходу щодо рівня акустичної комфортності приміщень в будівлях різного призначення, державними будівельними нормами [18] установлені дві категорії акустичного комфорту за величиною допустимих рівнів шуму, а отже, і звукоізоляції внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій для житлових кімнат, офісів, кабінетів і робочих

приміщень в адміністративних будівлях: категорія I (комфортні акустичні умови); категорія II (допустимі акустичні умови).

Рівні звуку, найбільш розповсюдженого у повсякденному житті шуму, наведені у таблиці 2.40.

Таблиця 2.40

Рівні звуку L_A , дБ найбільш розповсюдженого шуму в приміщеннях

| Назва джерела шуму | Рівні звуку L_A , дБ |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Розмови пошепки | 10 |
| 2. Тихі розмови | 35 |
| 3. Гучні розмови, крик | 60...70 |
| 4. Дітячий плач | 78 |
| 5. Гра на піаніно | 80 |
| 6. Вулиця з автомобільним рухом | 65 |
| 7. Вулиця із трамвайним рухом | 90 |
| 8. Робота вентиляційних пристроїв | 80 |
| 9. Робота двигунів літаків | 110 і більше |

Звук, який потрапляє на поверхню конструкції, частково відбивається, частково поглинається, а частково проходить через перешкоду. Коефіцієнти відбивання β , звукопоглинання α , звукопередачі або звукопроникнення τ являють собою відношення відбитої енергії звукової хвилі до енергії звукової хвилі, яка потрапляє на поверхню конструкції. Величина цих коефіцієнтів залежить від матеріалу конструкції, частоти звукових хвиль і кута падіння на поверхню. При багатократних відбиваннях звукових хвиль у приміщеннях устанавлюється звукове поле з визначеними рівнями звукового тиску, які обумовлені енергією прямих і відбитих звукових хвиль.

2.4.2. Архітектурна акустика

Основна задача архітектурної акустики є дослідження закономірностей випромінювання і розповсюдження в різних середовищах пружинних хвиль, а також їх взаємодію із середовищем, для визначення чутності мови або музики у приміщеннях, розробки архітектурно-планувальних та конструктивних рішень, які забезпечують оптимальні умови слухового сприйняття. При цьому роль спеціаліста будівельника не менш важлива, ніж спеціаліста акустика, тому що інженер, який знає архітектурну акустику, в проектному рішенні закладає основу для забезпечення необхідних акустичних якостей приміщень [2].

За акустичними характеристиками зали для глядачів поділяють на дві групи: *зали із природною акустикою і зали, обладнані електроакустичними системами*. Акустичні вимоги до залів обох груп ідентичні, а тому розглянемо основні фактори, що визначають акустику залів.

Звукові хвилі у залі розповсюджуються від джерела до огорожувальних поверхонь стін і стелі, від яких багатократно відбиваються. У результаті в приміщенні утворюється складне звукове поле. Приблизна оцінка форми і розмірів приміщень з акустичної точки зору складається в аналізі звукового поля на основі принципів геометричної акустики, а саме у розгляді розповсюдження прямих і відбитих звукових хвиль і побудові «променевого ескизу». Для цього від джерела звуку проводиться промінь до зустрічі з поверхнею і, враховуючи, що кут падіння дорівнює куту відбиття, будується відбитий звуковий промінь (рис. 2.45).

Для полегшення побудови променевого ескизу знаходять уявне джерело звуку D_1 , розташоване на перпендикулярі дотичної до поверхні відбиття у точці відбиття та на такій же відстані до неї, що і дійсне джерело звуку D .

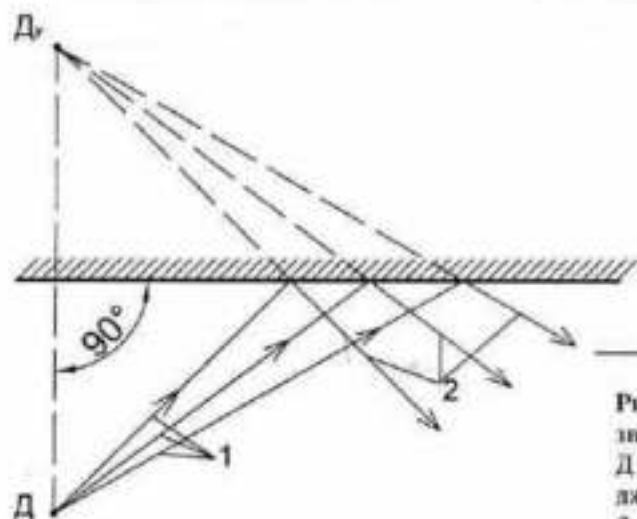


Рис. 2.45. Побудова відбитих звукових променів:
 D – джерело звуку; D_1 – уявне джерело звуку; 1 – прямі промені;
 2 – відбиті промені

Цей метод найбільш доречний при плоскій поверхні відбивання, оскільки він має єдине уявне джерело D_1 для дійсного джерела звуку D . Використання подібного методу допустиме, якщо найменша сторона відбивача, не менше ніж у 1,5 разів, перевищує довжину хвилі. У цьому випадку відбиті звукові хвилі будуть направленими. Якщо довжина хвилі дорівнює або більше розміру найменшої сторони відбивача, звукова хвиля при відбиванні розсіюється і побудова відбитих звукових променів втрачає сенс.

На рис. 2.46 зображені деякі форми профілювання поверхонь і крок їх членування, а також області звукових частот, для яких відбиття звукову енергію можна вважати розсіяною. Наприклад, якщо стіни залу розчленувати пілястрами із невеликими розмірами 200...300 мм та кроком 1000 мм, розсіяне відбиття звуку буде відбуватися лише на частотах вище 1000 Гц. Ефективне розсіювання в області частот 200...600 Гц забезпечать пілястри шириною 1000...2000 мм, глибиною 500...1000 мм і кроком 2000...4000 мм. Збільшити розсіювальний ефект членуванням поверхонь залів можна наданням великим виступаючим елементам додаткової дрібної деталіровки та нерегулярного кроку.

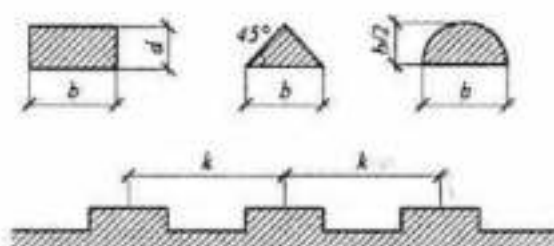
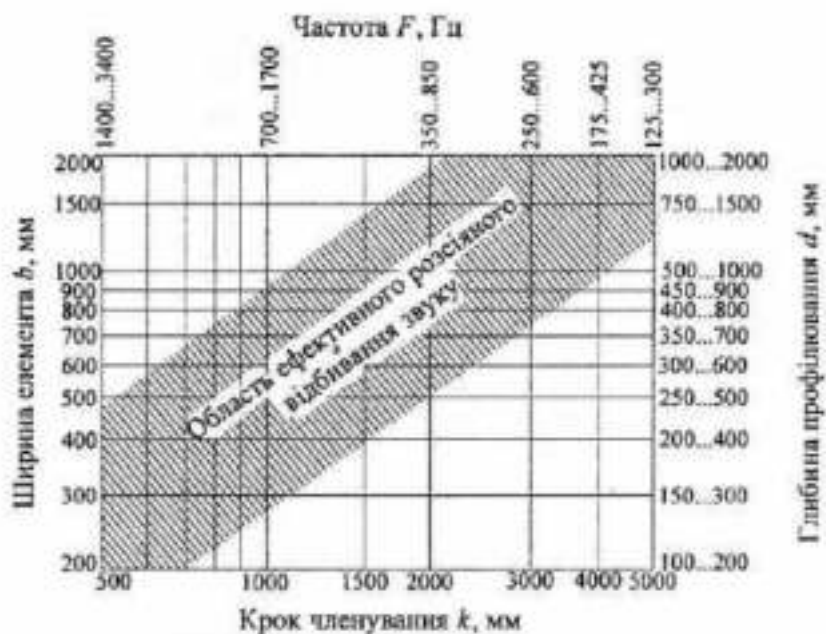


Рис. 2.46. Розміри періодичного членування поверхонь, які забезпечують розсіяне відбиття звуку в указаних межах частот

Швидкість звуку у повітрі 340 м/с, а тому можна визначити час запізнювання відбитого звукового променя у порівнянні з прямим, який іде до глядача безпосередньо від джерела. Якщо різниця у часі приходу прямого та відбитого звуків не менше 0,05...0,06 с, людина розрізняє ці звуки як роздільні. Таке явище називається луною. За 0,05 с звук проходить відстань 17 м, а тому луна може виникати тільки у приміщеннях, в яких довжина шляху відбитого звуку $l_1 + l_2$ перевищує довжину шляху прямого звуку l на 17 м (рис. 2.47). У приміщеннях із паралельними поверхнями може виникнути «спурхаюча луна», утворена у результаті багатократного відбиття звукової хвилі, наприклад, від протилежних стін із малим звукопоглинанням. Виникнення луни залежить також від інтенсивності прямого та відбитого звуків. Для запобігання утворення луни

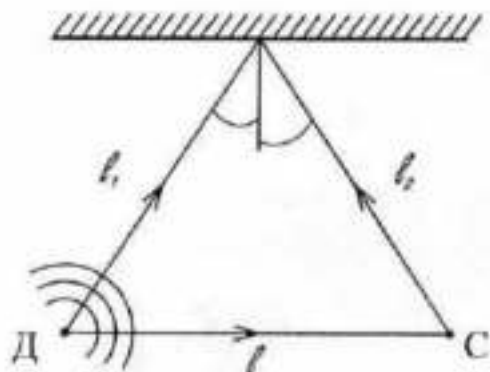


Рис. 2.47. Схема виникнення луни:
Д – джерело звуку; С – слухач

необхідно збільшити звукопоглинання поверхонь, тобто знизити інтенсивність відбивання звукових хвиль, або змінити форму приміщення.

У кожній точці звукового поля приміщення має місце дія прямих і відбитих звукових хвиль, які приходять у конкретну точку після багатократних відбиттів від внутрішніх поверхонь із різним часом запізнювання порівняно із прямими хвилями.

Однією з характеристик звукового поля є *ступінь його дифузності*, тобто рівномірність розподілу потоків звукової енергії за різними напрямками. Чим більше відбивань звукових хвиль, тим більш однорідним стає звукове поле. Ця властивість особливо важлива для залів, призначених для прослуховування музики.

Не сприяють досягненню гарної дифузності звукового поля великі гладкі поверхні стін і стель залів. Особливо невдалими є гладкі паралельні стіни. Відхилення від паралельності двох стін на $2,5...3^\circ$ або однієї з них на $5...6^\circ$ послаблює можливість створення «пурхаючої луни». Для підвищення ступеню дифузності бажано, щоб більша частина внутрішніх поверхонь залу створювала розсіяне, ненаправлене відбиття звукових хвиль. При цьому поверхні, які не дають направлених ранніх відбивань звуку, розчленовують балконами, пілястрами, нішами, а на поверхнях, які створюють корисні відбиття звукових хвиль, які мало запізнюються, профілювання поверхонь виконують слабкими [32].

Акустичні якості приміщень характеризуються *часом реверберації*. *Реверберацією* називають процес затухання звукової енергії після припинення звучання джерела звуку, після звучання, обумовлений неодночасним приходом відбитих і розсіяних звукових хвиль. Невелика реверберація бажана для будь-якого приміщення, тому що при цьому звук стає гучнішим і краще проявляються нюанси звучання. Але при збільшенні часу реверберації чіткість мови зникає, музикальна мелодія перетворюється у дисгармонічне нагромадження звуків, звук неначе наповзає на звук. У якості еталона прийнято час, протягом якого рівень звукового тиску у приміщенні після вимкнення джерела звуку спадає на 60 дБ. Цей час називається *часом стандартної реверберації*.

Умови, що забезпечують гарне сприйняття мови, не зовсім співпадають з умовами, які необхідні для гарного звучання музики. Тому для приміщень різного призначення потрібний різний оптимальний час реверберації. У приміщення, що призначені для прослуховування мови (аудиторії, зали драматичних театрів тощо), важливе значення має чіткість і розбірливість мови. Критерієм для оцінки чутності мови є *артику-*

лиця, яка виражається у відсотках правильно розібраних слів або складів по відношенню до всіх вимовлених. Складова артикуляція 85% і більше вважається відмінною, а 65% і менше – незадовільною.

На час реверберації та артикуляцію суттєво впливають форма і розміри приміщення. Форма зали та огорожувальних конструкцій повинна сприяти рівномірному розподілу прямої та відбитої звукової енергії, а також забезпеченню дифузності звукового поля на всіх місцях глядача і місцях розміщення виконавців на сцені чи на естраді.

Найбільш складно забезпечити дифузність звукового поля в залах, які обмежені криволінійними увігнутими поверхнями. Відомо, що при розташуванні точкового джерела звуку всередині кола (рис. 2.48, а), відбиті від кола звукові промені будуть огинати деяку криву, вдовж якої буде відбуватися значна концентрація звукової енергії. Така крива називається катакустиком [49]. Аналогічна місцева концентрація звуку спостерігається і для інших увігнутих кривих. Тому у залах, які мають криволінійну увігнуту форму, для забезпечення дифузності звукового поля використовують спеціальне розчленування увігнутих поверхонь.

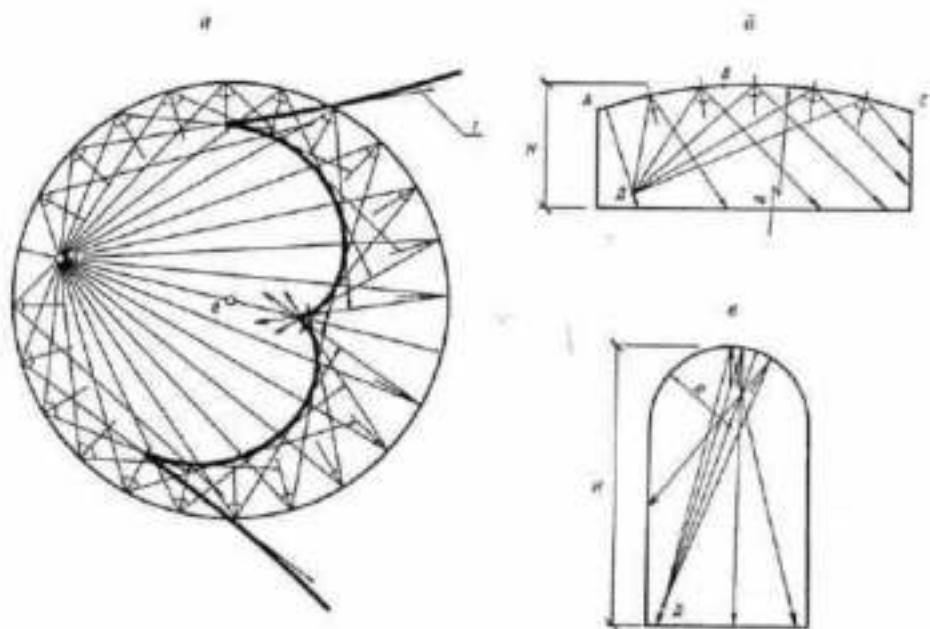


Рис. 2.48. Дослідження звукового поля у залах із увігнутими поверхнями відбиття: а – характер відбиття звуку всередині круглого залу; б – характер відбиття звуку при $R > 2H$; в – характер відбиття звуку при $R < 2H$; Д – джерело звуку; R – радіус склепіння; H – висота залу; I – катакустика

Для запобігання місцевої концентрації звуку на поверхні розміщення слухачів у залах із склепінчастими покриттями треба дотримуватися одного із наступних умов:

– середній радіус кривини склепіння R_{cp} повинний не менше ніж у двічі перевищувати висоту залу H (рис. 2.48, б). У цьому випадку ділянка склепіння AB буде

розсіювати відбитий звук, а відбитий звук від ділянки склепіння BC буде концентруватися на рівні, що розташований набагато нижче рівня розміщення слухачів;

– середній радіус кривини склепіння R_{cp} повинний бути не менше ніж удвічі меншим висоти залу H (рис. 2.48, *в*). У цьому випадку відбиті від склепіння промені створюють місцеву концентрацію звуку на рівні, що розташований набагато вище місць глядача, а на рівні розміщення слухачів створюється сприятливе дифузне звукове поле.

У цілому влаштування куполів і склепінь у залах глядача бажано уникати, тому що вони мають несприятливі акустичні властивості [49].

Геометричне відбиття звукових хвиль дозволяє проаналізувати профілі окремих поверхонь. Наприклад, наявність на поверхні стелі балок, які виступають, створюють зони, що не мають відбитої звукової енергії уздовж залу (рис. 2.49, *б*), а складні профілі, наприклад із обрисами плавних кривих ліній, забезпечують рівномірне розсіювання відбитого звуку (рис. 2.49, *а*). Часто стелі залу розчленовують секціями, які при правильному їх обрисі добре розподіляють відбитий звук.

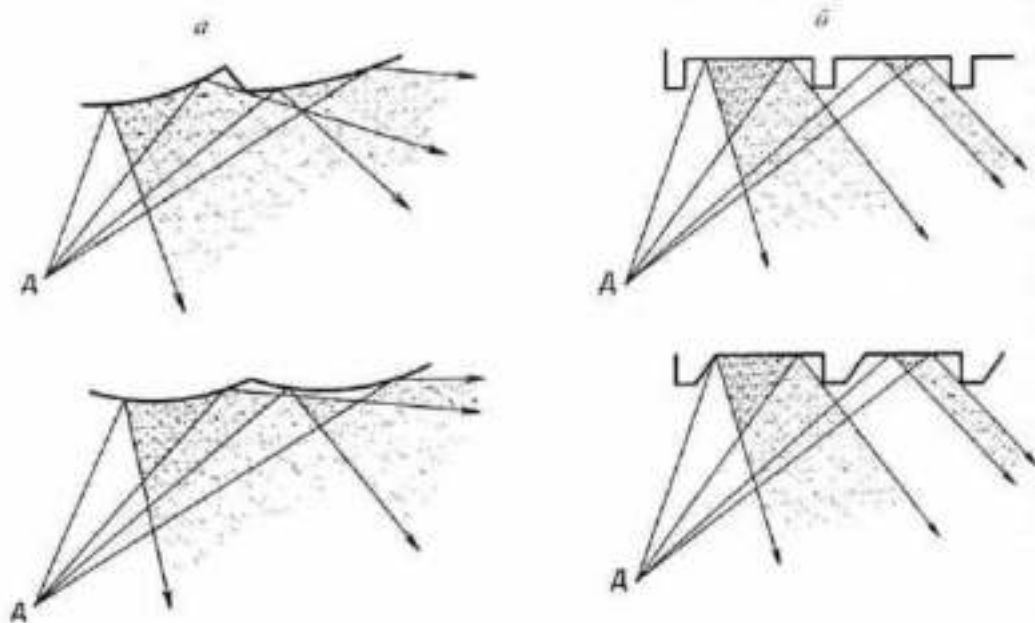


Рис. 2.49. Відбиття звуку від поверхні:
а – складного профілю; *б* – із ребрами або пілястрами

При проектуванні форми залів із природною акустикою необхідно передбачати таке відбиття звукових хвиль, щоб вони спрямовувались у другу половину залу і підсилювали прямий звук, який туди доходить значно послабленим (рис. 2.50). Ця вимога є наслідком нерівномірного розподілу прямої звукової енергії по залу із-за екранування звукових хвиль глядачами перших рядів [2].

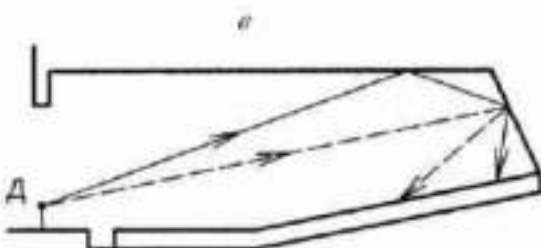
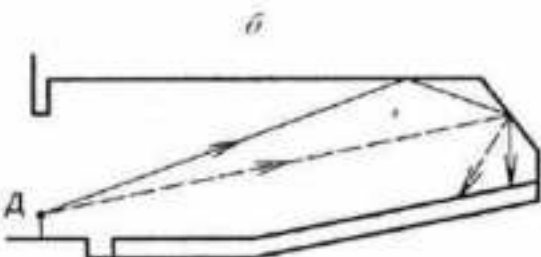
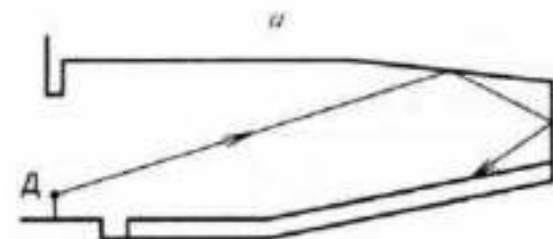


Рис. 2.50. Форма залу, яка забезпечує підсилення прямого звуку:

а – нахилена ділянка стелі;
б, в – нахилена задня стінка

Відношення довжини залу до його середньої ширини повинно бути у межах 1...2. Якщо це відношення перевищує 2, тоді дифузність звукового поля значно погіршується. У широких залах малої довжини, при відношенні менше 1, спостерігається небажане запізнювання відбивань звукових хвиль від бокових стін і погіршується чутність на бокових місцях. У тих же межах повинно бути відношення середньої ширини залу до його середньої висоти. Довжина залу з природною акустикою неповинна перевищувати 30 м.

У залі повинний бути забезпечений прихід до слухачів правильно розподілених і достатньо раних звукових відбивань. Для цього стелю залу, яка ефективно відбиває звукові хвилі, необхідно виконувати з матеріалів із малим звукопоглинанням. Примикання стелі залу до задньої стіни під прямим кутом може дати небажані зворотні відбивання звуку із сильним запізненням до джерела (рис. 2.51, *а*).

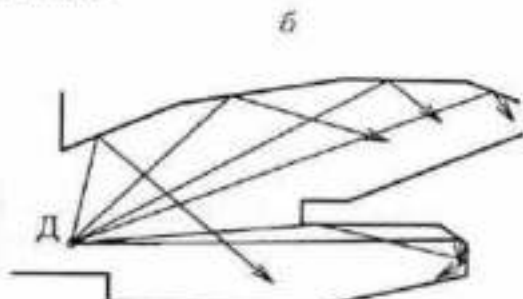
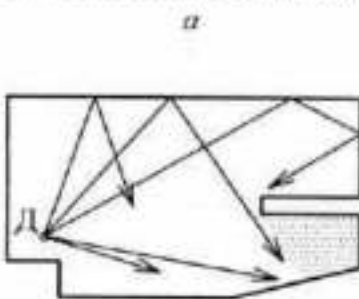


Рис. 2.51. Розповсюдження звуку:

а – у залі з горизонтальною стелею (нааяні зони позбавлені відбиття звуку та велика нерівномірність у густині звукової енергії); *б* – у залі із скошеними формами стелі та стін, які забезпечують відбиття звуку до віддаленої частини залу

При влаштуванні нахилених ділянок стелі (рис. 2.51, б) відбиті звукові хвилі направляються на балкон або задні місця партеру із малим запізненням порівняно з прямим звуком, що покращує чутність на цих місцях.

Для виправлення можливих акустичних дефектів і досягнення необхідного часу реверберації використовують звукопоглинаючі матеріали. Їх розміщують на поверхнях, від яких до слухачів не потрапляють перші звукові хвилі з малим запізненням. На рис. 2.52 зображені ділянки внутрішніх поверхонь залу доцільного розміщення звукопоглинаючих матеріалів. Визначають положення уявного джерела D_0 і проводять пряму до точки А, де знаходиться слухач останнього ряду. Перетин цієї прямої із стелею визначає зону корисних відбивань. Тому оздоблення стель звукопоглинаючими матеріалами доцільно на ділянках, які розміщені на відстані більше 1000 мм від точки перетину. Звукопоглинання, крім усунення небажаних відбивань звуку, зменшує час реверберації, тобто зменшує гучність залу.

У наш час майже всі зали обладнують системами звукового підсилення, які обладнуються засобами радіотехніки. Проте і у цих випадках акустичні якості приміщень

дуже важливі, а для ряду залів зберігаються вимоги гарної природної акустики.

Таким чином, при проектуванні акустики залів необхідно виконувати наступні основні вимоги: забезпечити усіх слухачів прямою звуковою енергією; створити дифузне звукове поле, яке виключає можливість утворення дун, фокусування звуку тощо; забезпечити рекомендований час реверберації звуку.

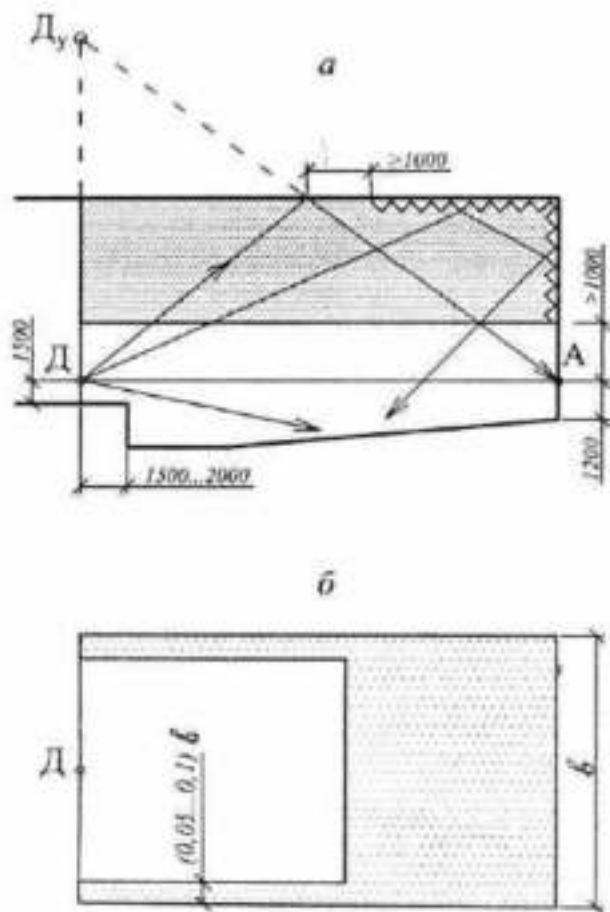


Рис. 2.52. Зони розміщення у залі звукопоглинаючих матеріалів для виправлення акустичних дефектів: а – на стінах; б – на стелі

Перші дві вимоги визначаються формою і розмірами залу, а також характером їх внутрішнього оздоблення. А тому першим етапом акустичного проектування є визначення форми залів у плані та розрізі. Другий етап включає визначення умов, які забезпечують рекомендований час реверберації та розміщення у залах звукопоглинаючих матеріалів.

Необхідно також відмітити, що гарні акустичні умови у залах можуть бути досягнуті тільки при їх надійній ізоляції від шумів, які виникають як всередині, так і поза межами залу. Для зменшення шуму в залі необхідно, щоб шумні приміщення були відділені від залу. Підлоги у залі та в приміщеннях, які розташовані поряд із залом, повинні бути по можливості малошумними. Двері, що ведуть до залу, повинні мати підвищену звукоізоляцію.

Велику увагу необхідно звертати на боротьбу з шумом від інженерно-технічного обладнання, особливо вентиляційних пристроїв. Агрегати приточно-вигтяжної вентиляції не можна розташовувати біля залів. Все обладнання, яке може викликати вібрації, необхідно установлювати на амортизатори, щоб запобігти розповсюдження шуму і вібрацій по конструкціях. Не можна розмішувати будівлі з залами глядача біля залізничних шляхів, відкритих ліній і ліній неглибокого закладання метрополітену та інших інтенсивних джерел шуму і вібрацій [2].

2.4.3. Будівельна акустика

Основна задача будівельної акустики – це вивчення питань звукоізоляції огорожувальних конструкцій та захисту від шуму приміщень будівель і територій населених міст будівельними та об'ємно-планувальними засобами.

Причиною шуму у приміщеннях будівель можуть бути як внутрішні, так і зовнішні джерела. *Внутрішні джерела шуму* поділяють на *побутові*, які пов'язані з життєдіяльністю людей (гучна мова, музика, спів, танці тощо), і *механічні*, які пов'язані з роботою інженерного та санітарно-технічного обладнання (ліфти, вентилятори, насоси тощо). *Джерела зовнішнього шуму* поділяють на: *окремі*, до яких відносяться трансформаторні та газорозподільні підстанції, котельні, насосні, бойлерні тощо; *комплексні*, до яких відносяться потоки автомобільного, залізничного, повітряного транспорту, промислові й енергетичні підприємства з численними джерелами шуму, спортивні та ігрові площадки тощо.

Важливою характеристикою для правильного оцінювання шумової характеристики є вибір відрізка часу, протягом якого визначають еквівалентні рівні звуку джерела шуму. Якщо робота джерела шуму має циклічний характер, тоді доцільно визначати його шумову характеристику за повний цикл роботи, протягом якого відбуваються зміни рівнів створеного ним шуму. Якщо робота джерела шуму немає циклічного характеру, тоді найбільш доцільно його шумові характеристики відносити до денного та нічного періодів доби. При цьому для джерел, які створюють непостійний шум, часто буває необхідним визначати додаткову характеристику – максимальний рівень звуку, що створюється джерелами шуму на визначеній відстані від них. Захист від шуму може здійснюватися як у джерелі шуму, так і на шляху його розповсюдження.

Розглянемо основні види шуму і шляхи його розповсюдження в будівлі. Повітряний шум розповсюджується у вигляді звукової енергії від джерела шуму в результаті коливання густини і тиску повітря та викликає коливання конструкцій, які розділяють суміжні приміщення. Ударний шум розповсюджується у суміжні приміщення будівель у результаті механічних впливів на огорожувальні конструкції.

Шляхи передачі шуму в ізольоване приміщення будівлі можуть бути *прямими* і *непрямими* (посередніми). Непряма передача звуку утворюється в результаті того, що ударний або повітряний звук викликає коливання огорожувальних конструкцій. Жорстко зв'язані з іншими конструкціями, вони передають їм коливання, які таким чином розповсюджуються по всій будівлі. При цьому коливні та вібруючі конструкції випромінюють власний структурний шум у приміщення, що розташовані, навіть, на великій відстані від первісного джерела звуку. Він особливо помітний, коли будівельні конструкції жорстко зв'язані з вібруючими механізмами, насосами, вентиляційними або ліфтовими установками. На рис. 2.53 показані можливі шляхи передачі шуму в будівлі.

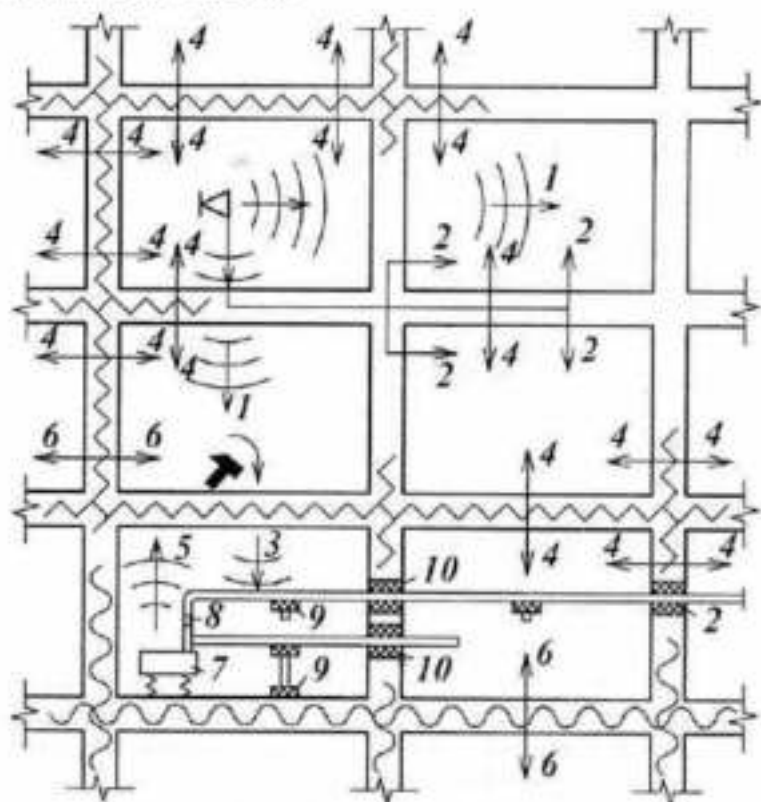


Рис. 2.53. Розповсюдження шуму в будівлі:

1 і 2 – прямий і непрямий шлях повітряного звуку; 3 і 4 – прямий і непрямий шлях ударного звуку; 5 і 6 – прямий і непрямий шлях шуму від вібруючого обладнання; 7 – віброізолятор; 8 – гнучкі вставки; 9 – опори із пружними прокладками; 10 – прокладки із пружних матеріалів

Непрямі шляхи передачі шуму залежать від багатьох причин, які важко спрогнозувати. У сучасних будівлях у результаті використання полегшених огорожувальних конструкцій, збільшення розмірів збірних і монолітних залізобетонних конструкцій та надання більшої жорсткості їх стикам спостерігається інтенсивна передача шуму за непрямыми шляхами. У результаті шум розповсюджується по конструкціям на більші відстані від джерела, створюючи дискомфортні умови в багатьох приміщеннях будівель.

Більшість джерел шуму створюють *повітряний шум*, який проникає до приміщень будівель у результаті коливань огорожувальних конструкцій, як мембран. Загальна схема проходження звуку через конструкцію наведена на рис. 2.54. Падаючий на поверхню конструкції звук частково відбивається, частково поглинається,

а частково проходить через неї. Коефіцієнти відбивання, звукопоглинання і звукопроникності – це відношення відповідної енергії звукової хвилі до енергії, падаючої на поверхню конструкції звукової хвилі.

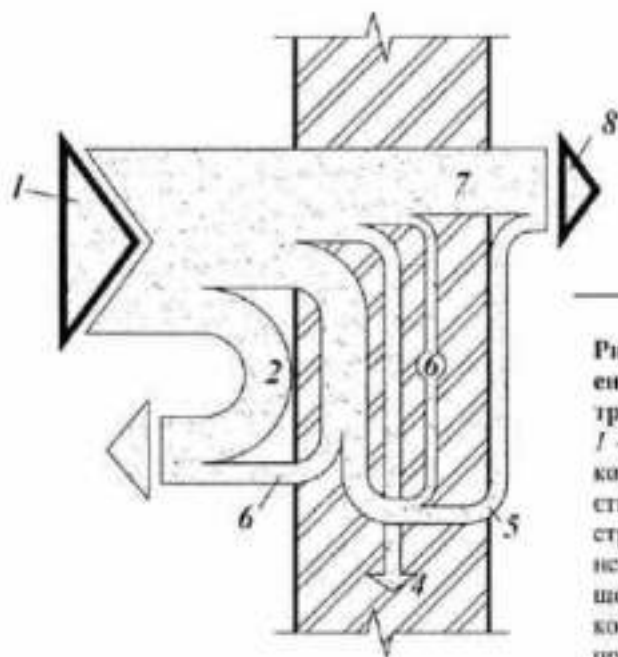


Рис. 2.54. Схема передачі звукової енергії через огорожувальну конструкцію:

1 – падаюча; 2 – відбита; 3, 5 – енергія коливання конструкції, що випромінюється у суміжні приміщення; 4 – енергія структурного шуму; 6 – енергія, що трансформувалась у тепло; 7 – енергія, що пройшла через пори і щілини конструкції; 8 – сумарна енергія, що пройшла через конструкцію

Ці коефіцієнти залежать від матеріалу конструкції, частоти звукових хвиль і кута їх падіння на поверхню. Закони відбивання та заломлення звуку аналогічні законам геометричної оптики. Для зменшення звукопроникності конструкції необхідно збільшувати її масивність, тобто вагу. У свою чергу, збільшення ваги конструкцій суперечить вимогам зменшення матеріалоемності будівель, а тому більш раціональним шляхом вирішення проблеми звукоізоляції є проектування багатшарових огорожувальних конструкцій, які складаються з декількох шарів із різною звукопроникністю. При проектуванні огорожувальних конструкцій раціонально використовувати: зовнішні стіни з утепленням за технологією «вентильованих фасадів», лічкування стін із обшивкою на відносі, подвійні перегородки з повітряним прошарком, міжповерхові перекриття з підлогами на пружних прокладках або з підвісними стелями тощо.

Основним шляхом проникнення *повітряного шуму* до приміщень будівель є нещільності в огорожувальних конструкціях, а саме: місця примикання перегородок до стін і перекриттів, стики між збірними елементами, місця стикування віконних і дверних коробок із стінами, отвори для прокладання труб опалення та водопостачання тощо. Враховуючи це, для покращення звукоізоляції приміщень необхідно ретельно герметизувати всі нещільності примикань пружними матеріалами – монтажною піною, клоччям, поролоном, гумою тощо. Для покращення звукоізоляції дверей їх проектують: із порогами, із подвійними полотнами, з тамбурами.

Ударний шум через масивні матеріали з великою густиною проходить дуже добре. Звукоізоляцію від ударного шуму забезпечують використанням пружних прокладок між окремими конструктивними елементами огорожувальних конструкцій, наприклад, між балками і лагами в міжповерхових перекриттях, використанням багатшарових конструкцій та повітряних прошарків.

Чим більша різниця між звукопроникністю окремих шарів, тим більш ефективна ізоляція від ударного шуму, тому що саме на границі різних середовищ зменшується енергія звукової хвилі за рахунок відбиття від поверхні нового середовища. Так цегляна стіна достатньо масивна і щільна, а тому добре ізолює приміщення від повітряного шуму. Але вона також перешкоджає проникненню ударного шуму, тому що із-за численного чергування шарів із цегли і розчину швидко гасить звукову енергію.

У більшості будівель шумовий режим визначається функціональним призначенням приміщень, а тому висуваються вимоги до звукоізоляційних якостей їх огорожувальних конструкцій.

Ізоляція повітряного шуму (звукоізоляція), R, дБ – це звукоізолююча здатність огорожувальної конструкції зменшувати звук, що проходить через неї. У загальному вигляді являє собою десять десяткових логарифмів відношення (в кожній смузі частот) звукової потужності, що падає на огорожувальну конструкцію, до звукової потужності, яка передалася крізь цю конструкцію. При розрахунках шумо- та звукоізоляції огорожувальних конструкцій ізоляція повітряного шуму визначається за формулою:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A}, \quad (2.112)$$

де L_1 – рівень звукового тиску в приміщенні з джерелом звуку, дБ;

L_2 – рівень звукового тиску в приміщенні, яке захищається огорожувальною конструкцією, дБ;

S – площа огорожувальної конструкції, m^2 ;

A – еквівалентна площа звукопоглинання, m^2 в приміщенні, яке захищається, m^2 .

Ізоляцію від ударного шуму називається здатність перекриттів знижувати рівень звукового тиску в приміщенні під перекриттям при його збудженні стандартною ударною машиною.

Приведений рівень ударного шуму під перекриттям, L_n , дБ – це величина, якою характеризують ізоляцію ударного шуму перекриттям, середній рівень звукового тиску (в кожній смузі частот) в приміщенні під перекриттям при роботі на ньому стандартного джерела ударного шуму, скоригованого за величиною еквівалентної площі звукопоглинання в данному приміщенні, при відсутності побічних шляхів передачі ударного шуму.

Нормованими параметрами звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і нежитлових будівель є індекс ізоляції повітряного шуму R'_W , дБ та індекс приведенного рівня ударного шуму $L'_{\text{дн}}$, дБ, наведені у табл. 2.41. В Україні розроблені нові Державні будівельні норми «Захист від шуму» [18], які введені в дію у 2009 році. Розрахункові значення індексів звукоізоляції огорожувальних конструкцій будівель різного призначення визначаються за формулами [18], а потім порівнюються із нормативними. Огорожувальні конструкції задовольняють нормативним вимогам, якщо величини індексів ізоляції повітряного шуму R'_W не менше, а індексів приведенного рівня ударного шуму $L'_{\text{дн}}$ не більше величин, наведених у таблиці 2.41.

Таблиця 2.41

Нормативні величини індексів ізоляції повітряного шуму R'_W та ударного шуму $L'_{\text{дн}}$ для внутрішніх огорожувальних конструкцій будівель [18]

| Назва та розташування огорожувальної конструкції | Індекс ізоляції повітряного шуму R'_W , дБ | Індекс приведенного рівня ударного шуму $L'_{\text{дн}}$, дБ |
|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Житлові будинки | | |
| 1. Переkritтя між приміщеннями квартир: в будинках категорії I в будинках категорії II | 54 52 | 55 ¹⁾ 60 ¹⁾ |
| 2. Переkritтя між приміщеннями квартир і приміщеннями горіщ, які не використовуються | 49 | – |
| 3. Переkritтя між приміщеннями квартир і підвалами, холами і приміщеннями горіщ, які не використовуються | 52 | 58 |
| 4. Переkritтя між приміщеннями квартир і розташованими під ними магазинами: в будинках категорії I в будинках категорії II | 59 57 | 57 ¹⁾ (43 ²⁾ 60 ¹⁾ (46 ²⁾ |
| 5. Переkritтя між приміщеннями квартири і розташованими під ними ресторанами, спортивними залами, кафе: в будинках категорії I в будинках категорії II | 62 60 | 57 ¹⁾ (43 ²⁾ 60 ¹⁾ (46 ²⁾ |
| 6. Переkritтя між приміщеннями квартир і розташованими під ними адміністративними приміщеннями офісів: в будинках категорії I в будинках категорії II | 54 52 | 58 ¹⁾ (43 ²⁾ 60 ¹⁾ (46 ²⁾ |
| 7. Переkritтя між кімнатами у двох і багатопверховій квартирі: в будинках категорії I в будинках категорії II | 47 45 | 61 63 |

| 1 | 2 | 3 |
|--|----------------|--|
| 8. Перекриття між житловими приміщеннями гуртожитків | 50 | 60 ¹⁾ |
| 9. Перекриття, що відокремлюють приміщення культурно-побутового обслуговування гуртожитків одне від одного та від приміщень загального користування (холи, вестибюлі, коридори) | 47 | 65 |
| 10. Стіни між квартирами, між приміщеннями квартири і сходовими клітками, холами, коридорами, вестибюлями: в будинках категорії I в будинках категорії II | 54 52 | - - |
| 11. Стіни між приміщеннями квартири і магазинами: в будинках категорії I в будинках категорії II | 59 57 | - - |
| 12. Стіни між приміщеннями квартири і ресторанами, спортивними залами, кафе: в будинках категорії I в будинках категорії II | 62 60 | - - |
| 13. Перегородки без дверей між кімнатами, між кухнею та кімнатою в одній квартирі | 43 | - |
| 14. Перегородки між кімнатами і санітарним вузлом в одній квартирі | 47 | - |
| 15. Стіни і перегородки між житловими кімнатами гуртожитків | 50 | - |
| 16. Стіни і перегородки, що відокремлюють приміщення культурно-побутового обслуговування гуртожитків одне від одного і від приміщень загального користування (холи, вестибюлі) | 49 | - |
| 17. Вхідні двері в квартири, що виходять на сходові клітки, в холи, вестибюлі та коридори: в будинках категорії I в будинках категорії II | 32 30 | - - |
| 18. Сходові клітки і марші | - | 601) |
| Готелі * | | |
| 19. Перекриття між номерами: категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 52 50 48 | 38 ¹⁾ 60 ¹⁾ 62 ¹⁾ |
| 20. Перекриття, що відокремлюють номери від приміщень загального користування (вестибюлі, холи, буфети): категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 54 53 52 | 57 (50 ²⁾) 58 (51 ²⁾) 60 (53 ²⁾) |

| 1 | 2 | 3 |
|--|----------------|--|
| 21. Переkritтя, що відокремлюють номери від ресторанів, кухонь: категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 62 60 59 | 57 (43 ²³) 58 (51 ²³) 60 (48 ²³) |
| 22. Стіни і перегородки між номерами: категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 52 50 48 | – – – |
| 23. Стіни і перегородки, що відокремлюють номери від приміщень загального користування (сходові клітки, вестибюлі, буфети): категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 54 53 52 | – – – |
| 24. Стіни і перегородки, що відокремлюють номери від ресторанів, кафе, кухонь: категорії 5-ти зірок категорії 4-х зірок категорії 3-х зірок і менше | 62 60 59 | – – – |
| Адміністративні будівлі | | |
| 25. Переkritтя між робочими кімнатами, офісами, кабінетами, секретаріатом і ті, що відокремлюють ці приміщення від приміщень загального користування (холи, вестибюлі): в будівлях категорії I в будівлях категорії II | 52 50 | 63 66 |
| 26. Переkritтя, що відокремлюють робочі кімнати, кабінети від приміщень з джерелами шуму: в будівлях категорії I в будівлях категорії II | 54 52 | 60 63 |
| 27. Стіни і перегородки між робочими кімнатами, офісами: в будівлях категорії I в будівлях категорії II | 52 50 | – – |
| 28. Стіни і перегородки, що відокремлюють робочі кімнати, секретаріати, офіси від приміщень загального користування (сходові клітки, холи, вестибюлі): в будівлях категорії I в будівлях категорії II | 51 49 | – – |

| 1 | 2 | 3 |
|---|----|-----------------------|
| 29. Стіни і перегородки, що відокремлюють кабінети від приміщень загального користування і шумних приміщень: | | |
| в будівлях категорії I | 54 | – |
| в будівлях категорії II | 52 | – |
| Лікарні та санаторії | | |
| 30. Перекриття між палатами і кабінетами лікарів | 48 | 60 |
| 31. Перекриття між операційними та ті, що відділяють операційні від палат і кабінетів | 58 | 60 |
| 32. Перекриття, що відокремлюють палати, кабінети лікарів від приміщень загального користування (вестибюлі, холи) | 52 | 62 |
| 33. Перекриття, що відокремлюють палати, кабінети від їдалень, кухонь | 57 | 60 (46 ²) |
| 34. Стіни і перегородки між палатами, кабінетами лікарів | 48 | – |
| 35. Стіни і перегородки між операційними, операційними і ті, що відокремлюють операційні від інших приміщень (палат, кабінетів, їдалень, кухонь) | 58 | – |
| 36. Стіни і перегородки, що відокремлюють палати і кабінети від приміщень загального користування (сходові клітки, вестибюлі, холи) | 52 | – |
| Навчальні заклади | | |
| 37. Перекриття між класами, навчальними кабінетами, аудиторіями і ті, що відокремлюють їх від приміщень загального користування (коридори, вестибюлі, холи) | 47 | 63 |
| 38. Перекриття між музикальними класами середніх навчальних закладів | 57 | 58 |
| 39. Перекриття між музикальними класами вищих навчальних закладів | 60 | 53 |
| 40. Стіни і перегородки між музичними класами середніх навчальних закладів і ті, що відокремлюють їх від приміщень загального користування (сходові клітки, холи, вестибюлі, рекреації) | 47 | – |
| 41. Стіни і перегородки між музичними класами середніх навчальних закладів і ті, що відокремлюють їх від приміщень загального користування (сходові клітки, холи, вестибюлі, холи) | 57 | – |
| 42. Стіни і перегородки між музичними класами вищих навчальних закладів | 60 | – |

| 1 | 2 | 3 |
|--|----|------------------|
| Дитячі дошкільні заклади | | |
| 43. Перекриття між груповими кімнатами, спальнями та між іншими дитячими кімнатами | 48 | 63 ¹⁾ |
| 44. Перекриття, що відокремлюють групові кімнати, спальні від кухонь | 51 | 63 |
| 45. Стіни і перегородки між груповими кімнатами, спальнями та між іншими дитячими кімнатами | 48 | – |
| 46. Стіни і перегородки, які відокремлюють групові кімнати, спальні від кухонь | 51 | – |
| Допоміжні та господарські приміщення промислових підприємств | | |
| 47. Перекриття між приміщеннями для відпочинку, шкільних занять, медпунктами, робочими кімнатами управлінь і конструкторських бюро, кабінетами, приміщеннями громадських організацій та ті, що відокремлюють ці приміщення від приміщень загального користування (вестибюлі, гардеробні) | 47 | 65 |
| 48. Перекриття між приміщеннями лабораторій, залами для зібрань, їдальнями та ті, що відокремлюють ці приміщення від приміщень поз. 47 | 51 | 63 |
| 49. Стіни і перегородки між робочими кімнатами управлінь, конструкторських бюро, кабінетами, приміщеннями громадських організацій | 47 | – |
| 50. Стіни і перегородки між приміщеннями для відпочинку та учбових занять, медпунктами та ті, що відділяють ці приміщення від робочих кімнат управлінь і конструкторських бюро, кабінетів, приміщень громадських організацій і від приміщень загального користування (вестибюлі, гардеробні, сходові клітки) | 47 | – |
| 51. Стіни і перегородки між приміщеннями лабораторій, залами для засідань, їдальнями і ті, що відокремлюють ці приміщення від приміщень загального користування (вестибюлі, гардеробні, сходові клітки) | 51 | – |
| <p>¹⁾ Вимоги пред'являють також до передачі ударного шуму в житлові приміщення квартир при ударній дії на підлогу приміщення суміжної квартири, враховуючи і ту, що знаходиться на тому ж поверсі або по діагоналі.</p> <p>²⁾ Вимоги пред'являють до передачі ударного шуму в приміщення, яке захищають від шуму, при ударній дії на підлогу в приміщенні, яке є джерелом ударного шуму.</p> | | |
| <p>Примітка. Огороджувальні конструкції задовольняють нормативним вимогам, якщо величини індексів ізоляції повітряного шуму R_{Df} не менше, а індексів приведенного рівня ударного шуму L_{Df} не більше величин, наведених у таблиці.</p> | | |

Нормативні вимоги до звукоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій (вікон, вітражів, інших елементів фасадів) житлових і громадських будівель полягають у визначенні необхідної звукоізоляції $R_{A, \text{тран}}^{\text{не}}$, дБА, яка повинна бути не менше нормованого показника $R_{A, \text{тран}}$, дБА, що характеризує ізоляцію зовнішнього шуму, створюваного потоками міського транспорту.

Нормативні або необхідні величини звукоізоляції зовнішніх огорожень $R_{A, \text{тран}}$ для житлових і громадських будівель встановлюють, виходячи з величин, коригованих еквівалентних рівнів звуку $L_{A, \text{екв}}$ в дБА, на відстані 2 м від фасаду будівлі та допустимих коригованих еквівалентних рівнів звуку $L_{A, \text{екв, доп}}$ дБА, в приміщеннях будівлі, що захищаються від шуму. Допустимі величини $L_{A, \text{екв, доп}}$ приймаються згідно з таблицею 2.39.

Нормативні величини звукоізоляції вікон $R_{A, \text{тран}}$ в залежності від рівня шуму біля фасаду будівлі, для житлових кімнат, номерів готелів, гуртожитків, кабінетів і робочих кімнат адміністративних будівель, палат лікарень, кабінетів лікарів площею до 25 м², наведені в таблиці 2.42.

Таблиця 2.42

Нормативні вимоги до звукоізоляції зовнішніх світлопрозорих конструкцій

| Призначення приміщень | Необхідні величини звукоізоляції $R_{A, \text{тран}}$, дБА, при еквівалентних рівнях звуку біля фасаду будівлі $L_{A, \text{екв}}$, дБА, в період найбільш інтенсивного руху транспорту | | | | |
|---|---|----|----|----|----|
| | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
| 1. Палати лікарень, санаторіїв, кабінети медичних установ | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 2. Житлові кімнати квартир в будинках: | | | | | |
| – категорії I | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| – категорії II | 15 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 3. Житлові кімнати гуртожитків | 15 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 4. Номери готелів: | | | | | |
| – категорії 5-ти зірок | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| – категорії 4-х зірок | 15 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| – категорії 3-х зірок і менше | 15 | 15 | 15 | 20 | 25 |
| 5. Приміщення будівель відпочинку, будівель-інтернатів для людей похилого віку та інвалідів | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 6. Робочі кімнати, кабінети в адміністративних будівлях і офісах: | | | | | |
| – категорії I | 15 | 15 | 15 | 20 | 25 |
| – категорії II | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 |

Примітка. Для проміжних величин еквівалентних рівнів звуку біля фасаду будівлі необхідна величина визначається за допомогою інтерполяції.

Для приміщень великої площі (більше 25 м²), а також для приміщень із звукопоглинальним облицюванням поверхонь огорожувальних конструкцій (аудиторії, зали засідань, конференц-зали, читальні зали тощо) нормативні вимоги до звукоізоляції вікон повинні визначатися, виходячи із очікуваних рівнів звуку біля фасаду і допустимих рівнів звуку в даному приміщенні.

Методика розрахунку необхідної звукоізоляції вікон $R_{\Delta \text{тран}}^{\text{нр}}$, дБА, наведена в [18].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель, розташованих перпендикулярно до транспортної магістралі, величину розрахункової необхідної звукоізоляції $R_{\Delta \text{тран}}^{\text{нр}}$ допускається приймати меншою на 3 дБА.

У всіх випадках необхідно, щоб звукоізоляція $R_{\Delta \text{тран}}$ глухої частини зовнішньої стіни із світлопрозорим елементом була не менше ніж на 15 дБА більшою від нормативної звукоізоляції вікна.

При розрахунках огорожувальних конструкцій на звукоізоляцію розрізняють наступні їх розрахункові схеми [18]:

- акустично однорідні огороження – конструкції, що складаються з одного матеріалу, або з кількох шарів різних матеріалів, жорстко зв'язаних між собою;
- акустично неоднорідні огороження – конструкції, що складаються з двох або більше елементів з твердих матеріалів, що розділені повітряним прошарком чи звукоізоляційною прокладкою;
- стіни з гнучкою обшивкою на відносі з одного боку;
- стіни з гнучкими обшивками на відносі з обох боків;
- одношарові тонкі огороження – конструкції з металевого листа, скла та інших подібних матеріалів;
- глухі засклення, що складаються з двох листів скла однакової товщини;
- глухі засклення, що складаються з двох листів скла різної товщини;
- міжповерхові перекриття з підлогою на звукоізоляційному шарі;
- міжповерхові перекриття з рулонною підлогою;
- огороження, що складаються з кількох елементів із різною звукоізоляцією, наприклад, стіна з вікном.

Для цих огорожувальних конструкцій існують інженерні методи розрахунку звукоізоляції [18, 49].

2.4.4. Шумозахист і звукоізоляція в містах і будівлях

Шумове забруднення навколишнього середовища погано впливає на стан здоров'я людей. Найбільш гостро проблема шумового забруднення стоїть у великих містах, де джерелами надмірного шуму є: автомобільний, трамвайний, залізничний та авіаційний транспорт, промислові підприємства, чисельні будівництва, громадські заклади тощо.

Основним джерелом шуму в населених пунктах є транспорт. Інтенсивність транспортного шуму особливо зросла у останні десятиріччя. Міста, планування і забудова яких складалася віками, виявилися непристосованими до руху по вулицям

великої кількості транспортних засобів, а житлова забудова незахищеною від транспортного шуму.

Практична реалізація нормативів шумозахисту ускладнюється високим рівнем шуму у містах, який нерідко досягає інтенсивності промислових шумів і складає 80...100 дБА. Шум у приміщеннях, що виходять на великі магістралі, досягає 60...80 дБА, а при відкритих квартирах наближується до рівнів вуличного шуму. Захистити людей та їх приміщення в будівлях від шумів треба усіма можливими засобами, а саме:

- усуненням або зниженням шуму безпосередньо у джерелах шуму адміністративно-організаційними та інженерно-технічними заходами;

- комплексом містобудівельних і архітектурно-планувальних заходів, які включають віддаленість промислових підприємств від житлових будівель, використання зелених насаджень, шумозахисних екранів та інших перешкод на шляху розповсюдження шуму, плануванням будівель і зонуванням приміщень;

- комплексом будівельно-конструктивних заходів, які передбачають підвищення звукоізоляційних, шумопоглинаючих властивостей огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання.

Адміністративно-організаційні заходи:

- складання шумових карт територій міст із джерелами з нанесенням ліній різних рівнів звуку на місцевості з інтервалом 5дБА;

- обмеження руху вантажного транспорту на внутрішніх автомобільних магістралях міст;

- диференціація вулиць і доріг за їх призначенням, швидкості руху і складу транспортних потоків;

- своєчасний ремонт і утримання у належному стані дорожнього полотна;

- посилення контролю за технічним станом громадського та особистого транспорту (технічні огляди з перевіркою шумових характеристик транспортних засобів);

- винос автомобільних магістралей для транзитного транспорту за межі міст.

Містобудівельні методи і засоби захисту від шуму. Суттєве зниження шуму в житловій забудові може бути забезпечене суворим дотриманням вимог будівельних норм і правил по плануванню та забудові міст і населених пунктів [9].

На стадії розробки техніко-економічного обґрунтування і генерального плану населеного пункту з метою зниження впливу шуму на сельбищу територію необхідно застосовувати наступні заходи:

- передбачати чіткий розподіл території за функціональним використанням на зони із відділенням сельбищних і рекреаційних (санітарно-захисних) зон від промислових, комунально-складських зон і основних транспортних комунікацій. Промислові підприємства, які є джерелами зовнішнього шуму, необхідно відділяти від сельбищної території санітарно-захисною зоною, розміри якої визначаються з урахуванням вимог захисту від шуму. При рівні звуку на границі промислового підприємства 80, 85, 90 дБА мінімальна відстань до сельбищної території повинна бути не менше, відповідно, 565, 1030 і 1870 м;

- нові аеропорти і аеродроми розмішувати за межами міст та інших населених пунктів. Найменша відстань від границь аеродрому до границь сельбищної території слід приймати у залежності від класу аеродрому, розташування злітних смуг і пролітної траєкторії відносно населеного пункту. Для аеродрому I класу мі-

німальна відстань повинна складати 30 км, якщо злітні смуги і пролітна траєкторія перетинають населений пункт і 12 км – якщо не перетинають;

- трасування магістральних доріг швидкісного та вантажного руху за межами території житлових районів і зон відпочинку;

- концентрацію транспортних потоків на невеликій кількості магістральних вулиць із високою пропускною здатністю, які проходять за межами житлової забудови по границям промислових і комунально-складських зон, в полосах відводу залізничних доріг тощо;

- створення системи паркування автомобілів на границі житлових районів і груп житлових будинків;

- формування системи зелених насаджень для забезпечення акустичного комфорту на території міст, житлових районів і мікрорайонів поблизу джерел шуму. Найбільш ефективним є хвойні породи дерев, які здатні поглинати та розсіювати звукову енергію протягом всього року. Але у міських умовах ці дерева ростуть погано, а тому їх треба насаджувати разом із листопадними деревами, які швидко ростуть і мають низько опущену щільну крону. Простір під кронами рекомендується заповнювати чагарником. Крім шумозахисних функцій, зелені насадження ховують транспортні магістралі та психологічно сприяють зменшенню шкідливого впливу шуму на людей.

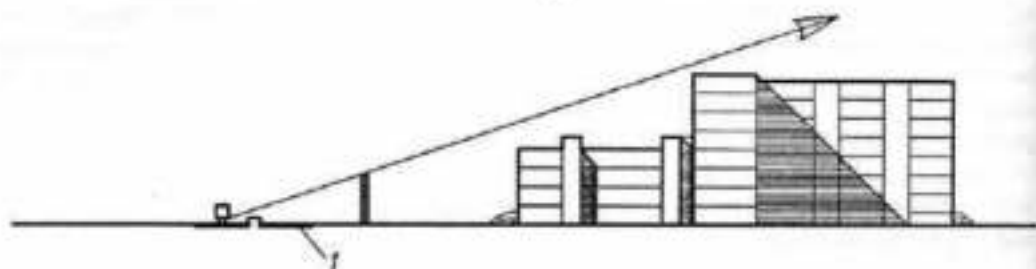
На стадії розробки проекту детального планування населеного міста, житлового району, мікрорайону для захисту від шуму магістральних автомобільних і залізничних доріг слід проектувати шумозахисні екрани. Відстань від краю основної проїзної частини магістральних доріг до лінії регулювання житлової забудови треба приймати не менше 50 м, а при застосуванні шумозахисних пристроїв – не менше 25 м [9]. Швидкісні дороги на сельбищних територіях при відповідному обґрунтуванні допускається розміщувати у виїмках, тунелях і на закритих естакадах.

Шумозахисний екран – це споруда, яку встановлюють на шляху розповсюдження шуму з метою його зниження. Функцію шумозахисного екрану можуть виконувати: екрани-стінки, екрани-насипи (рис. 2.55, а, б); штучні та природні елементи рельєфу місцевості – земляні вали, насипи, кавальєри, пагорби, відкоси виїмок і ярів, закріплені підпірними стінками (рис. 2.55, в); комбіновані варіанти екранів – виїмка із стінкою або насипом, насип із стінкою (рис. 2.56, а, б, в). Шумозахисними екранами можуть бути інженерні споруди у вигляді наземних галерей або підземних тунелів (рис. 2.57, а, б), а також нежитлові будівлі, в приміщеннях яких допускаються рівні звуку більше 40...50 дБА (адміністративні будівлі, готелі, підприємства побутового обслуговування, торгівлі, харчування тощо), а також шумозахисні житлові будинки (рис. 2.57, в, г).

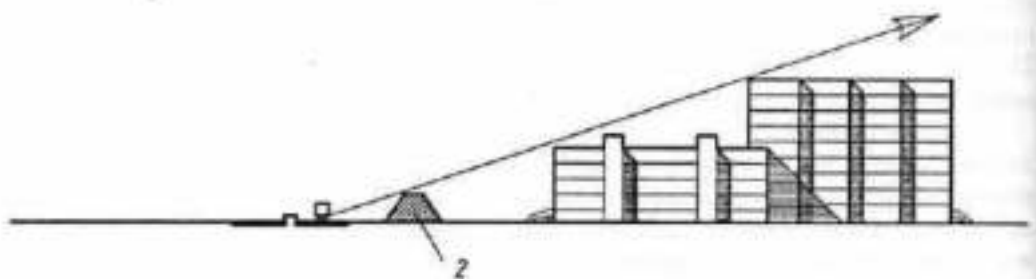
Необхідна шумозахисна ефективність екранів забезпечується варіюванням їх висоти, довжини, відстанню між джерелом шуму та екраном і положенням розрахункових точок по відношенню до верху екрану. Розрахункові точки на майданчиках відпочинку мікрорайонів і груп житлових будинків, на площадках дитячих дошкільних закладів, на ділянках шкіл і лікарень слід вибирати на найближчій до джерела шуму границі майданчику на висоті 1,5 м від поверхні землі. Зниження рівня звуку шумозахисним екраном у розрахункових точках, розташованих на границі звукової тіні, тобто на подовженні прямої лінії, яка з'єднує акустичний центр джерела шуму з вершиною екрану, складає близько 5 дБА. Тому для збільшення акустичної ефективності вершину екрану треба підвищувати над прямою лінією,

яка з'єднує акустичний центр джерела звуку з розрахунковою точкою. При проектуванні екрану-стілки уздовж транспортної магістралі орієнтовно можна приймати, що із збільшенням його висоти на 1 м ефективність шумозахисту підвищується у середньому на 1,5 дБА. Для збільшення акустичної ефективності екрану відстань між джерелом шуму і екраном рекомендується приймати мінімально допустимою з урахуванням забезпечення безпеки руху та нормальної експлуатації дороги і транспортних засобів. Орієнтовні значення зниження рівня звуку протяжними екранами-стінками на висоті 1,5 м від рівня поверхні території при відстані між краєм магістралі та екраном 3 м наведені у табл. 2.43 [37].

a



б



в

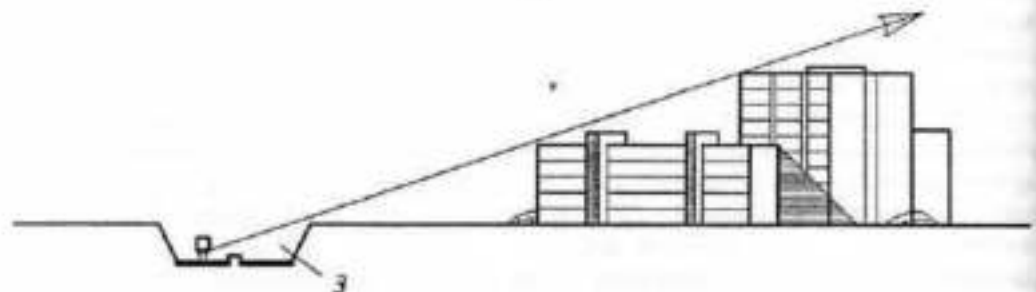


Рис. 2.55. Типи шумозахисних екранів:
a – екран-стінка; *б* – екран-насіп; *в* – екран-врізка

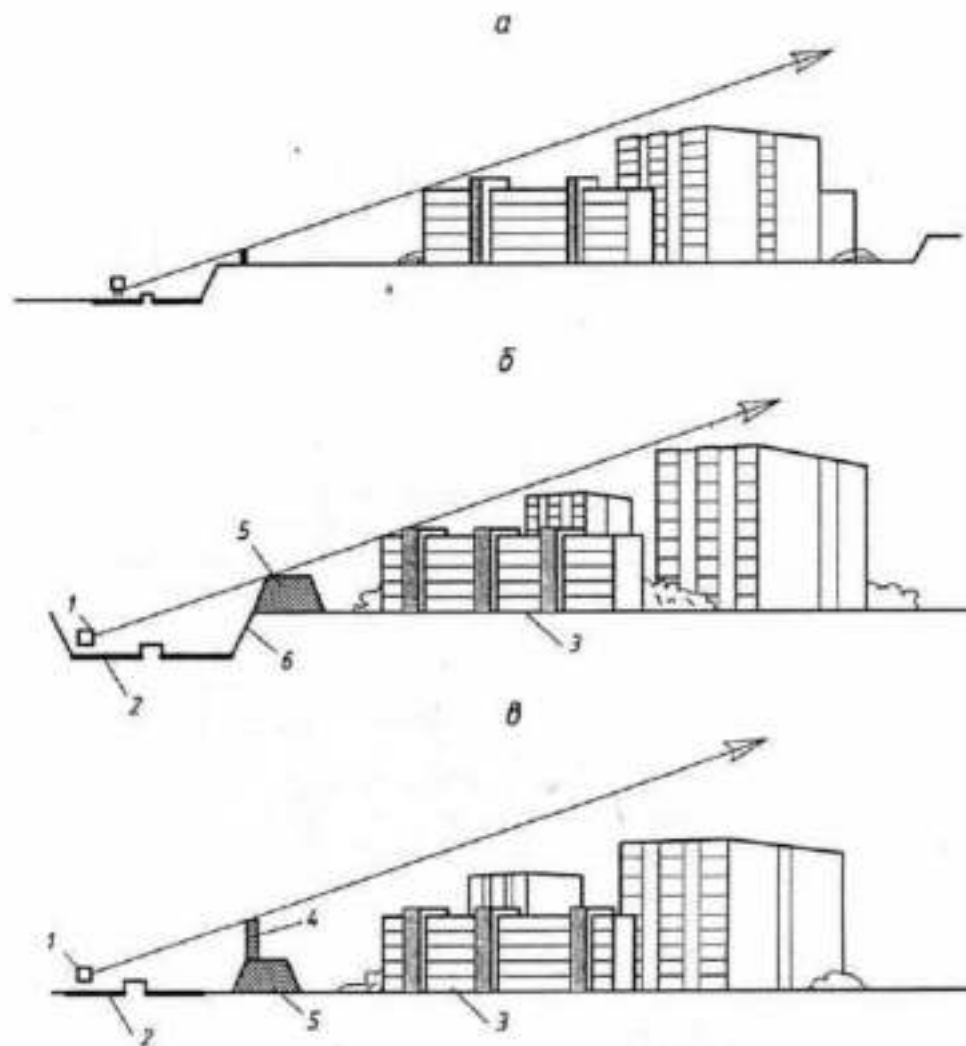


Рис. 2.56. Типи комбінованих шумозахисних екранів:
 а – виїмка із стінкою; б – виїмка із насипом; в – насип із стінкою

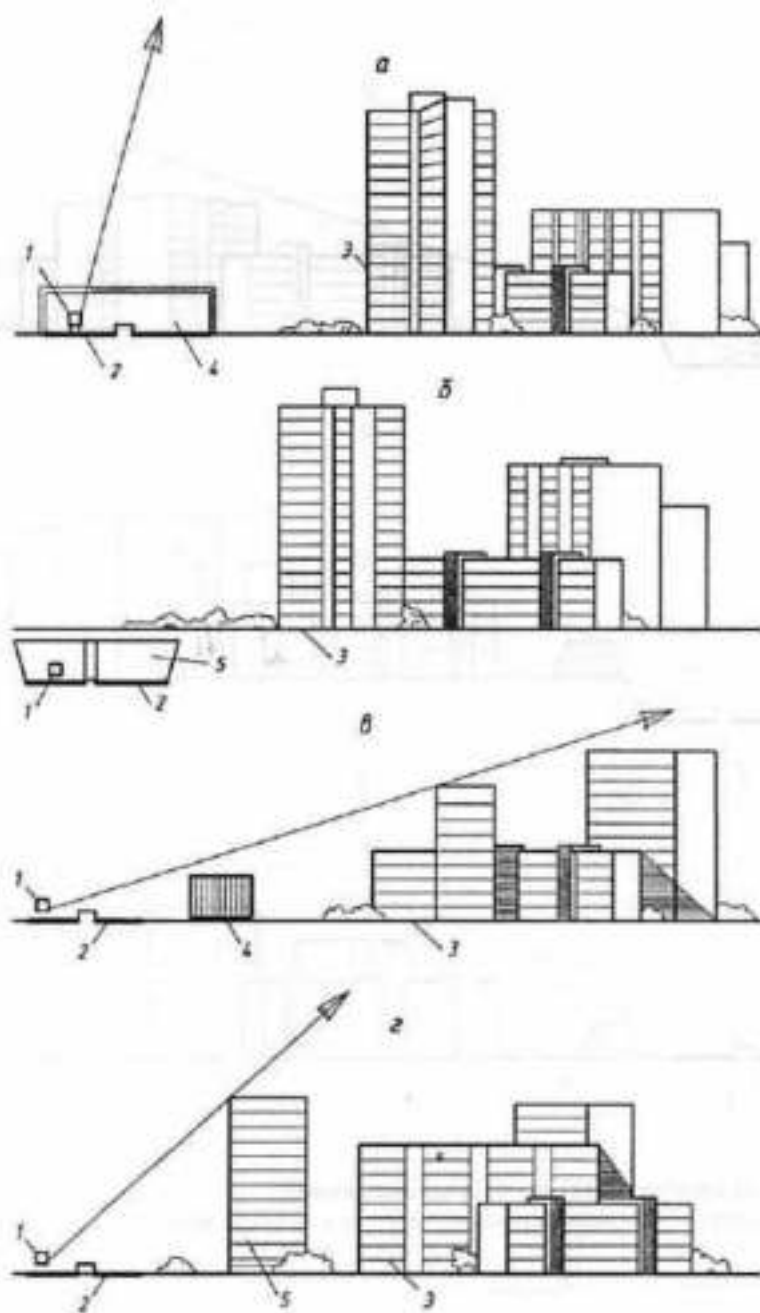


Рис. 2.57. Типи шумозахисних екранів:

a – екран-галерея; *б* – екран-тунель; *в* – екран (будівля нежитлового призначення); *г* – екран (шумозахисний багатопверховий житловий будинок)

Зниження рівня звуку протяжними екранами-стінками

| Відстань між екраном і розрахунковою точкою, м | Висота екрану, м | Зниження рівня звуку екраном, дБА |
|--|------------------|-----------------------------------|
| 10 | 2 | 7 |
| | 4 | 12 |
| | 6 | 16 |
| 20 | 2 | 7 |
| | 4 | 12 |
| | 6 | 15 |
| 50 | 2 | 7 |
| | 4 | 11 |
| | 6 | 14 |
| 100 | 2 | 7 |
| | 4 | 11 |
| | 6 | 13 |

У наш час відомо багато конструктивних рішень шумозахисних екранів-стінок (рис. 2.58...2.61). Вони виконують функції шумопоглинання та звуковідбиття на ділянках автомобільних і залізничних магістралей, які проходять через населені пункти. Конструктивно такі шумозахисні екрани складаються із шумопоглинаючих

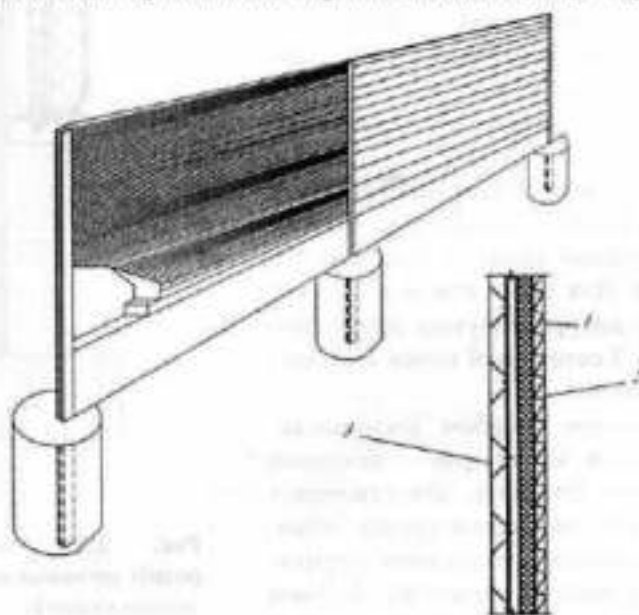


Рис. 2.58. Загальний вид і конструктивний розріз шумопоглинаючого металевого екрану:

1 – перфорований профільований лист алюмінію; 2 – мінеральна вата; 3 – перфорований сталевий лист

або звуковідбиваючих панелей, прикріплених до металевих або залізобетонних опор. За вимогами європейських стандартів для зменшення втомлюваності водія на автодорогах при висоті шумозахисних екранів більше 2 м, проєктують комбіновані шумозахисні екрани із світлопрозорими ділянками.

Шумопоглинаючі панелі складаються: із металевого каркасу у вигляді горизонтальних і вертикальних профілів і закріплених до них перфорованих листів сталі або алюмінію, між якими розміщується звукопоглинаючий елемент із мінеральної вати в поліетиленовій оболонці (рис. 2.58, 2.59). Для збільшення довговічності, стійкості до атмосферних факторів і вихлопних газів металеві листи екранів у заводських умовах покривають поліуретаном із різноманітним кольоровим забарвленням.

Звуковідбиваючі панелі виготовляють із бетону, залізобетону або листів органічного скла. Екрани-стінки з акустично жорсткими поверхнями, закріплені з боку джерела звуку, викликають деяке підвищення рівня звуку на протилежному боці, яке відбувається у результаті відбивання звукової енергії. Для усунення такої небажаної дії звуку, відбитого від поверхні стінок, їх проєктують із нахилом у бік, протилежний від магістралі (рис. 2.60, 2.61), або установлюють уздовж магістралей у вигляді ламаних ліній, зигзагів або криволінійних поверхонь.

В останні роки розроблені конструктивні рішення екранів-стінок із відкритими порожнинами для розміщення землі та посадки рослин, які плетуться. Для цього створюють штучні кавальєри або використовують природний рельєф (рис. 2.64). З естетичної точки зору такі екрани дуже привабливі.

Досить ефективним засобом шумопоглинання є влаштування *кавальєрів* – земляних насипів правильного профілю, для створення яких використовують надлишки ґрунту, утвореного при вертикальному плануванні території забудови і будівництві підземної частини будівель. У тілі кавальєрів можна прокладати колектори, комунікації тощо. Стійкість природних насипів забезпечується при створенні пологих укосів із ухілами 1:2 або 1:1,5, а тому для їх розміщення необхідні великі площі. В останні роки розроблені конструктивні рішення

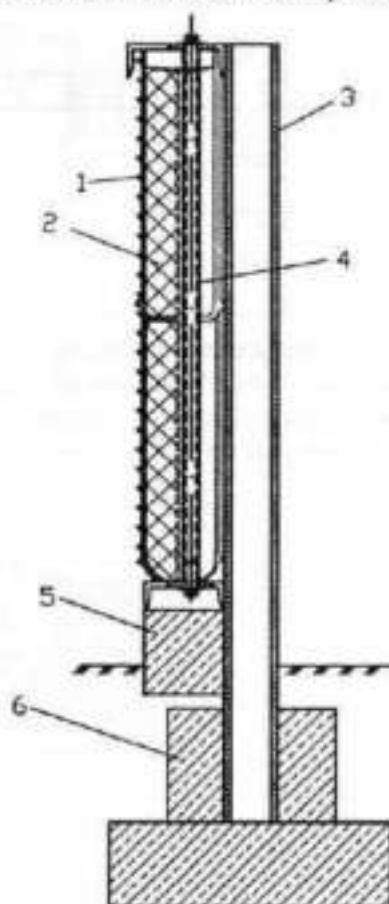


Рис. 2.59. Конструктивний розріз шумопоглинаючого металевих екрану:

1 – перфорований профільований металевий лист; 2 – мінеральна вата; 3 – металева опора; 4 – металевий стовп каркаса екрану; 5 – бетонний цоколь екрану; 6 – фундамент під опору

ня кавальєрів із личкуванням укосів бетонними або кам'яними елементами, що дозволяє значно збільшити крутість схилу і відповідно зменшити ширину земляного насипу (рис. 2.63).

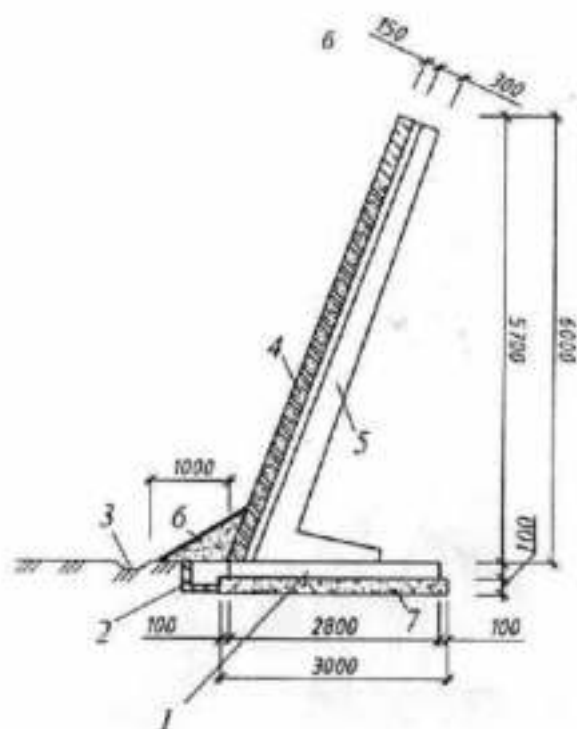
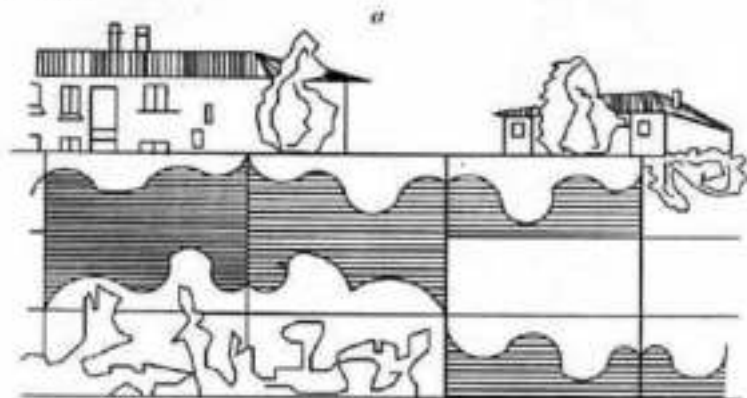


Рис. 2.60. Звуковізбиваючий екран довжиною 219 м уздовж швидкісної магістралі у Франції;

a – фасад з боку дороги; *б* – конструктивний розріз; *1* – фундаментна плита під опори; *2* – короб для комунікацій; *3* – жолоб магістралі; *4* – залізобетонна панель; *5* – залізобетонна опора; *6* – вимощення; *7* – щебенева підготовка

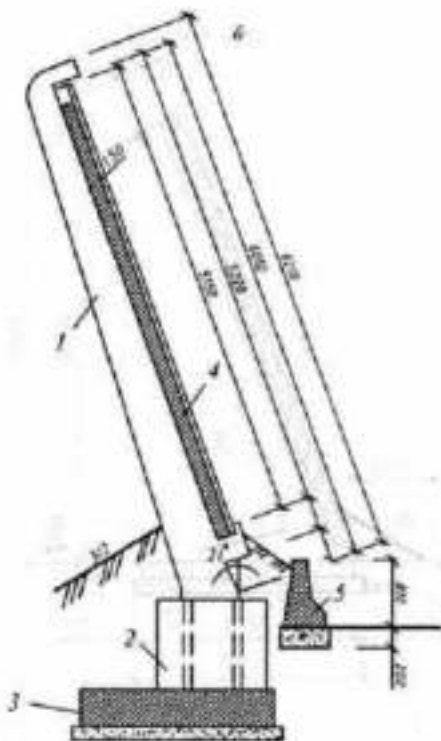
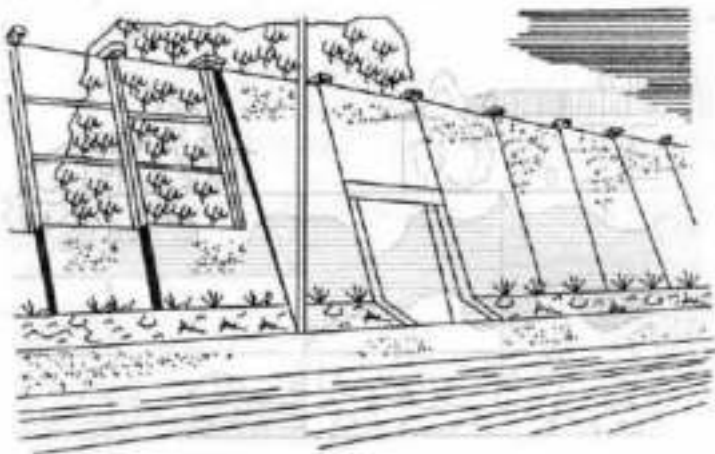


Рис. 2.61. Комбінований звуковібиваючий екран із світлопрозорими вставками довжиною 430 м уздовж автомобільної магістралі у Франції:

a – фасад з боку дороги; *б* – конструктивний розріз; 1 – залізобетонна опора; 2 – фундамент під опору; 3 – бетонна підготовка; 4 – залізобетонна панель; 5 – бортовий елемент магістралі

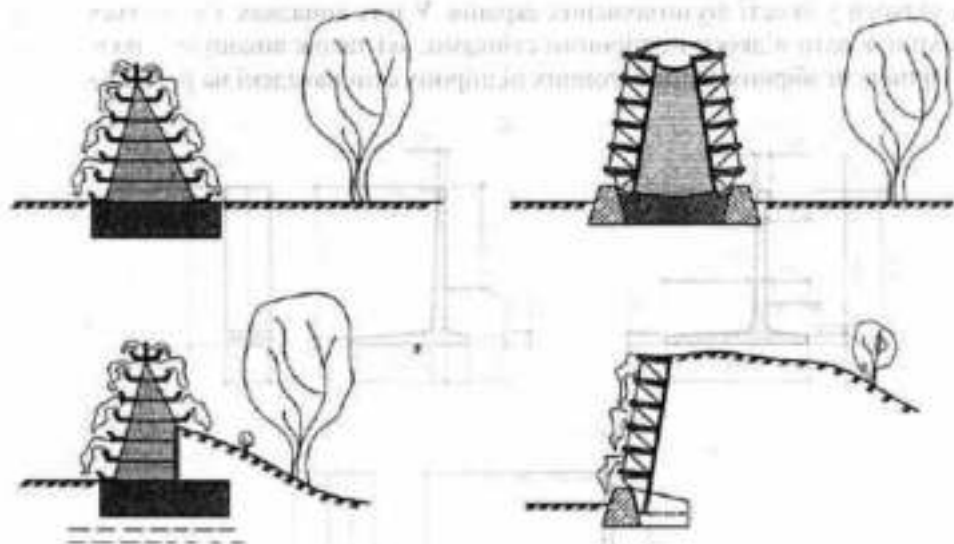


Рис. 2.62. Конструктивні рішення шумозахисних екранів із відкритими порожнинами для розміщення землі та висадки рослини

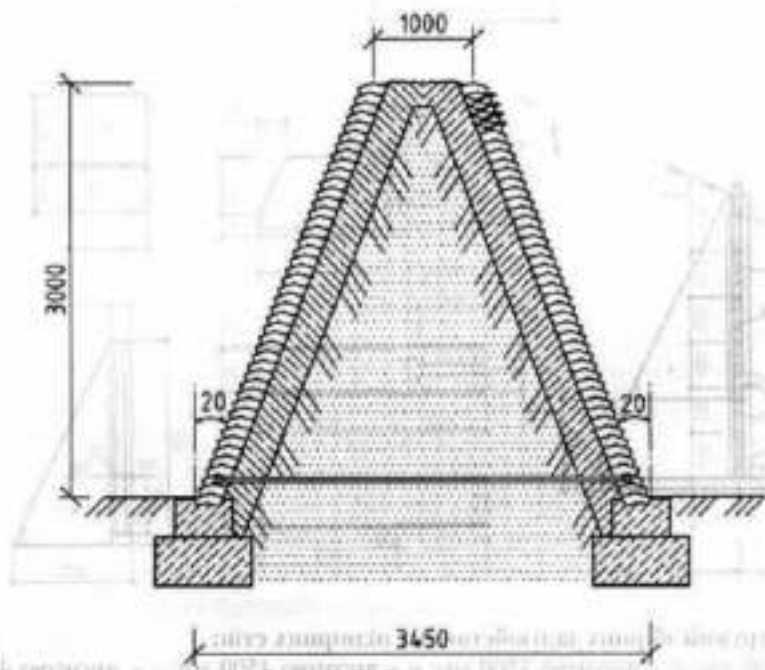


Рис. 2.63. Розріз кавальєру, облицьованого бетонними елементами

Для житлових районів і мікрорайонів міської забудови найбільш ефективним є розташування у першому ешелоні забудови магістральних вулиць шумозахисних будівель у якості екранів для захисту простору внутрішніх кварталів від транспортного шуму. В таких будівлях можуть розміщуватися підприємства торгівлі, громадського харчування, побутового обслуговування, зв'язку, закладів комунального господарства, організації управління та фінансування.

Шумозахисні житлові будинки – це будівлі-екрани, у яких акустичний комфорт досягають планувальними заходами або будівельно-акустичними методами. На бік фасадів, які межують із зоною шуму, в таких будинках розміщують: приміщення позаквартирних комунікацій (сходово-ліфтові вузли, коридори, галереї), підсобні приміщення квартир (передпокої, кухні, комори, санітарні вузли), а у квартирах з кількістю житлових кімнат три і більше – одну загальну кімнату, якщо у ній немає спальних місць. При цьому в зазначених кімнатах слід передбачати конструктивно-технічні засоби шумозахисту, які знижують рівень проникаючого зовнішнього шуму до нормативних значень у режимі провітрювання. Перші поверхи шумозахисних будинків проектують тільки нежитловими із розміщенням у них підприємств торгівлі та обслуговування.

Будівлі-екрани повинні захищати прилеглу забудову від прямих і дифракційних звукових хвиль. У зв'язку з цим, такі будівлі проектують із максимально можливою висотою, протяжністю та напівзамкнутої форми.

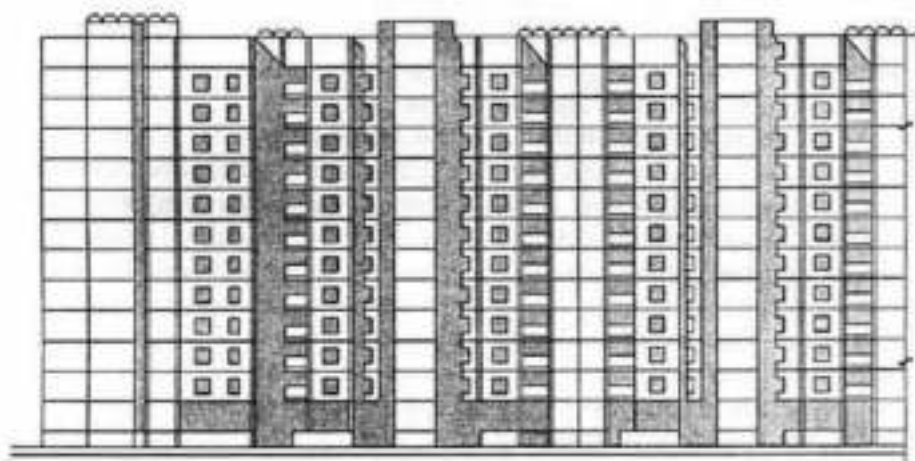
Поверховість шумозахисних будівель, що розміщені уздовж червоних ліній міських магістралей, рекомендується приймати не менше: при безперервному русі транспорту – 16 поверхів, при регульованому русі – 12 поверхів, магістралей районного значення – 9 поверхів. Протяжність шумозахисних будівель приймають не менше 100 м, а його бокових частин – 30 м [39]. Приклади архітектурно-планувальної структури шумозахисних панельних житлових будинків висотою 12 і 16 поверхів наведені на рис. 2.65 і 2.66.

Допустимі рівні шуму, що створюються у приміщеннях житлових будинків системами вентиляції та іншим інженерно-технічним обладнанням (ліфти, електродвигуни, трансформатори, насоси тощо), слід приймати на 5 дБА нижче відповідних гігієнічних нормативів [18].

Звукоізолюючі властивості огорожувальних конструкцій залежать від частоти коливань звукової хвилі, а тому постійно змінюються. Часто можна спостерігати, як через перегородку чути лише низькі звуки, а високі затримуються. Тому реальні звукоізолюючі властивості огорожувальних конструкцій найбільш надійно визначати інструментальним шляхом із допомогою шумоміра.

Найбільшу увагу при проектуванні звукоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій слід приділяти вікнам, тому що вони мають значно меншу звукоізоляційну здатність, ніж глухі частини огороження. Саме вікна, що виходять на вулицю, захищають приміщення від повітряного шуму. Ця проблема має два аспекти: підвищення звукоізоляції безпосередньо вікна та надійна звукоізоляція стиків між вікном і стіною.

а



б

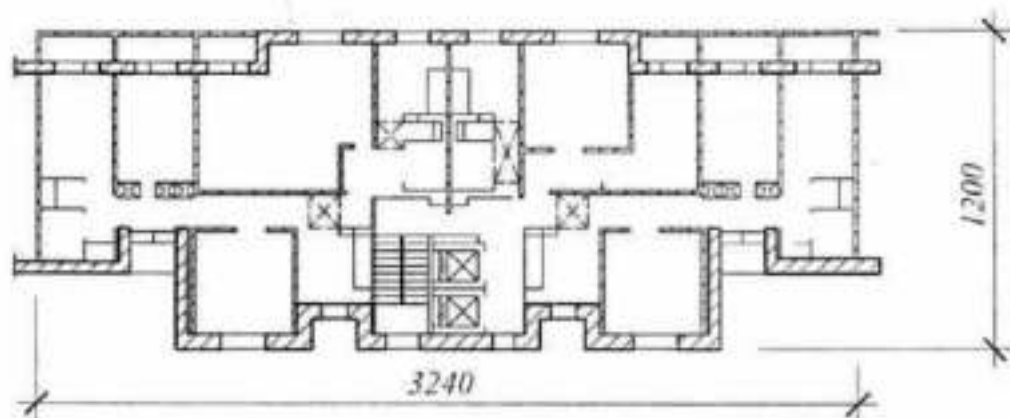


Рис. 2.65. Дванадцятиповерховий шумозахисний панельний житловий будинок:
а – фасад з боку дороги; б – план типової секції

Сучасні вікна мають досить високу звукоізоляційну здатність. Їх звукоізоляція у закритому стані від транспортного шуму $R_{дтрш}$ досягає 35...40дБА, однак при відкритій квартирі чи фрамужі вона зменшується до 10 дБА. Тому дуже велику увагу приділяють розробленню спеціальних звукоізоляційних вікон, що здатні ефективно захищати приміщення, навіть у режимі провітрювання. У металопластикових вікнах для забезпечення провітрювання приміщень застосовуються профілі з спеціальними вентиляційними каналами та вентиляційні пристрої, що встановлюються у вигляді окремого елемента вікна.

а



б

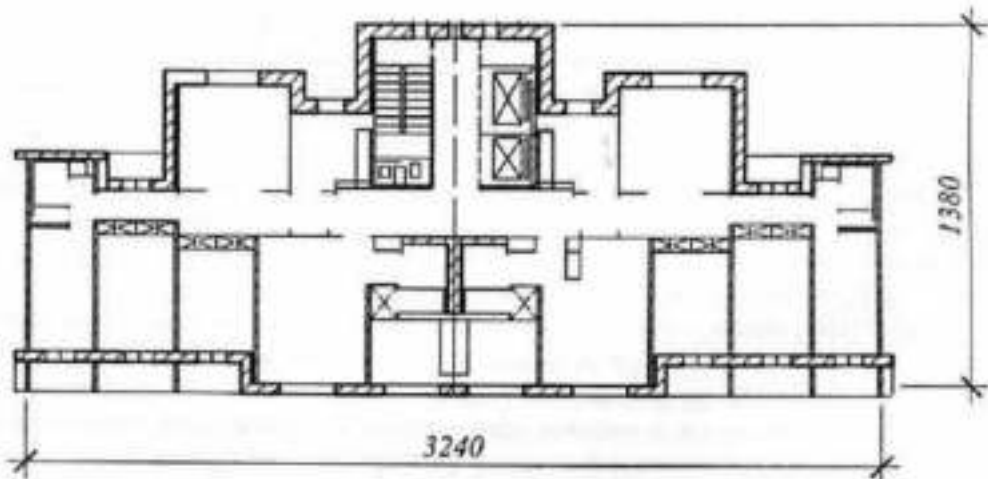


Рис. 2.66. Шістнадцятиповерховий шумозахисний панельний житловий будинок:
 а – фасад з боку дороги; б – план типової секції

Особливу увагу слід приділяти проектуванню та виготовленню стиків вікон зі стіною. Звуковий тиск на крайках вікна буває приблизно у 4 рази, а у кутах – у 16 разів вище, ніж на його поверхні [40]. Для забезпечення надійної звукоізоляції стиків вікон із стінами використовують ізоляційні матеріали, які поділяють на тепло-

ізоляційні, що поглинають або зменшують рівень інтенсивності звуку, та ущільнюючі, що покращують звукоізоляцію приміщень. До сучасних ізоляційних матеріалів належать: ізоляційні маси – пінополіуретанова піна та пастоподібні ущільнювачі на основі силікону, акрилу, полісульфіду чи поліуретан бутилену; теплоізоляційні вироби – вата на основі мінеральних або скляних волокон, яку доцільно використовувати для ізоляції стиків між вікнами та стінами при температурі нижче 5°C; ущільнюючі вироби – різноманітні самоклеючі ущільнюючі стрічки, що виготовляються з імпregованого м'якого пінопласту.

Для запобігання виникненню тріщин та розривів у конструкціях вікон, а також зважаючи на температурні деформації матеріалів, монтажні шви слід проектувати так, щоб ущільнюючі матеріали деформувалися разом із коробкою та без відриву від поверхні ущільнення.

Традиційно прийняте в Україні проектування бокових та верхніх чвертей в зовнішніх стінах у місцях стикування з віконними та дверними рамами суттєво покращує звукоізоляцію приміщень, тому що у цьому випадку має місце зміна напрямку шуму. Використання всіляких ущільнюючих мас, штукатурок, закриваючих профілів також покращує звукоізоляцію стиків вікон із стіною.

Заходи, пов'язані із звукопоглинанням, переслідують мету зниження рівня інтенсивності звуку в тому приміщенні, де знаходиться джерело шуму. Найбільш часто заходи щодо звукопоглинання передбачають у виробничих приміщеннях, а також у лікувальних, торговельних та інших приміщеннях громадських будівель.

Щільні матеріали є гарними перешкодами для розповсюдження звуку, тому що основну масу звукової енергії (до 99%) вони відбивають від своєї поверхні та направляють знову у приміщення. Природно, що такі матеріали добре ізолюють сусідні приміщення від шуму, а всередині приміщення з джерелом шуму не тільки не знижують його рівень, але й можуть збільшувати його за рахунок багатократного відбивання. Тому для зниження рівня шуму в таких приміщеннях треба використовувати пухкі, пористі матеріали.

При падінні звукової хвилі на поверхню матеріалу повітря в його порах починає коливатися. Із-за великого тертя, обумовленого в'язкістю повітря та малим перерізом пор, при багатократному відбиванні від їх стінок відбувається втрата звукової енергії, яка перетворюється в теплоту.

Характеристикою звукопоглинаючих матеріалів і конструкцій є *коефіцієнт звукопоглинання*, α який є відношенням звукової енергії, яка поглинається при падінні звукових хвиль на поверхню матеріалу (конструкції), до звукової енергії хвиль, які падають на цю поверхню. Цей коефіцієнт залежить від частоти падаючого звуку і фізико-технічних характеристик матеріалу (конструкції).

Найбільш розповсюджені будівельні матеріали мають невеликі значення коефіцієнтів поглинання, наприклад, бетон поглинає 1% звукової енергії, штукатурка – 2%, паркет – 7%. У спеціальних звукопоглинаючих пористих матеріалів цей коефіцієнт у 10...15 разів більший.

Конструкції звукопоглинання можна поділити на три групи: лічкування із однорідних звукопоглинаючих матеріалів без перфорованого покриття; звукопоглинаючі лічкування з перфорованим покриттям; штучні конструкції звукопоглинання та екрани.

В якості звукопоглинаючих матеріалів для неперфорованих покриттів використовують вініпор, мати та плити із дуже тонкого скловолокна, мінераловатні сіланові плити, звукопоглинаючі металеві касети із заповненням сілановими матами, плити на основі мінеральної вати тощо.

Найбільше розноскодження отримали *звукопоглинаючі облицювання з перфорованим покриттям*. Для отримання необхідної характеристики звукопоглинання в таких покриттях змінюють діаметр і крок перфорації, а також товщину шару звукопоглинаючого матеріалу і величину шару повітряного зазору між поверхнями огорожувальної та звукопоглинаючої конструкції. В якості перфорованого покриття використовують алюмінієві листи, склопластик, гіпсові та металеві листи.

У звукопоглинаючих облицюваннях усі волокнисті та сипучі матеріали використовують лише із захисними оболонками, які виготовляють із різних тканин та які також покращують звукоізоляційні властивості, наприклад, із павінолу марки «Авіанос», склотканини, металевої сітки тощо. *Штучні звукопоглиначі* – це окремі об'ємні конструкції різної геометричної форми (призми, куби, шари тощо) із підвищеною здатністю до звукопоглинання. Їх виготовляють із перфорованими поверхнями, звернутими в бік джерела шуму, із листів металу, фольги, пластмас, фанери, а з внутрішнього боку обклеюють тканиною або заповнюють звукопоглинаючим матеріалом.

Акустичні екрани – це звукоізолюючі та звукопоглинаючі перегороди на шляху поширення прямого звуку від джерела шуму.

Найкраща акустична ефективність штучних звукопоглинаючих конструкцій досягається при їх розміщенні біля джерел шуму або в місцях концентрації звукової енергії.

У деяких випадках звукоізолюючі конструкції розміщують у вигляді стаціонарної або знімної підвісної стелі. Така стеля складається із каркаса, виготовленого із сталевих або алюмінієвих профільних елементів та дерев'яних брусків, до якого прикріплені звукоізолюючі плити. З допомогою сталевих підвісок її прикріплюють до несучих конструкцій покриттів будівель. Для вирівнювання плит такої стелі використовують різноманітні регулюючі пристрої (гвинти, пластини, прорізи тощо).

Схеми звукопоглинаючих личкувань, варіант конструктивного рішення підвісної стелі та приклад штучної звукопоглинаючої конструкції наведені на рис. 2.67.

Ефективність заходів щодо звукопоглинання залежить від розмірів приміщення та правильно вибраного розташування звукопоглиначів. У невисокому приміщенні з великою площею підлоги найбільш ефективно звукопоглиначі розміщувати на стелях. У таких випадках енергія звукових хвиль, відбита від підлоги та стелі, значно зменшується. Стіни в невисоких приміщеннях не відіграють суттєвої ролі у відбитті звуку, а тому їх можна не личкувати. У високих і витягнутих приміщеннях, де ширина менше висоти, навпаки, більший ефект дає личкування стін.

Площу звукопоглинаючого личкування визначають на основі розрахунків [18]. Якщо отримана в результаті розрахунків площа звукопоглинаючих личкувань на стелі та стінах недостатня, використовують штучні звукопоглиначі – екрани, які підвішують до несучих конструкцій перекриттів або покриттів у вигляді вертикальних подовжніх і поперечних діафрагм або у вигляді об'ємних підвісних елементів.

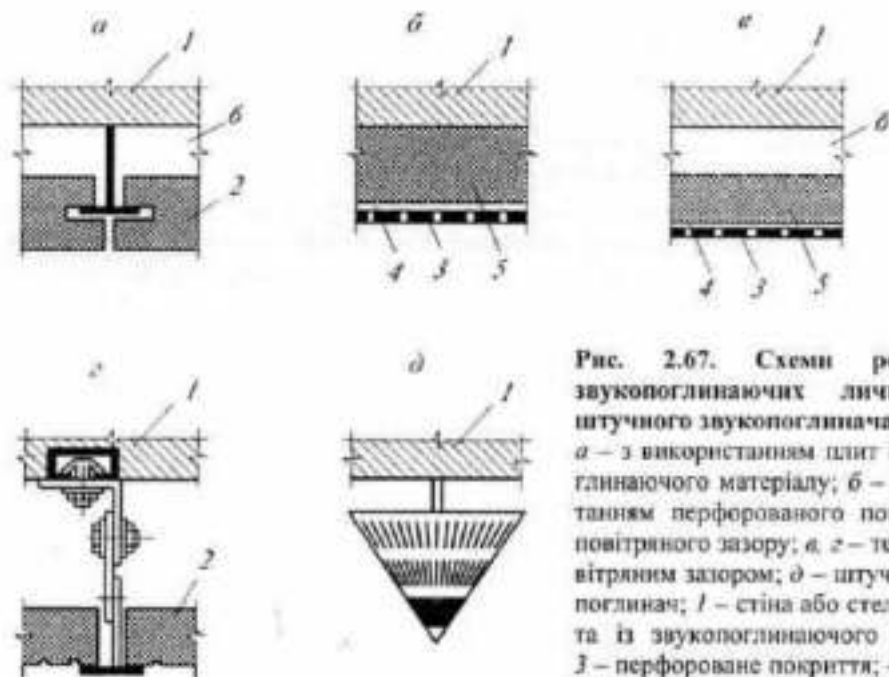


Рис. 2.67. Схеми розміщення звукопоглинаючих личкувань і штучного звукопоглиначя:

a – з використанням плит із звукопоглинаючого матеріалу; *б* – з використанням перфорованого покриття без повітряного зазору; *в*, *г* – те саме з повітряним зазором; *д* – штучний звукопоглинач; *1* – стіна або стеля; *2* – плита із звукопоглинаючого матеріалу; *3* – перфороване покриття; *4* – захисна оболонка; *5* – звукопоглинаючий матеріал; *6* – повітряний прошарок

Акустичні екрани найчастіше встановлюють для захисту робочих місць від шуму працюючих механізмів, тобто в якості перешкод на шляху розповсюдження прямого звуку.

Виготовляють акустичні екрани із суцільних твердих листів або щитів (із металу, пластиків або інших щільних матеріалів). Сторону, що обернена до джерела шуму, як правило, обробляють шаром звукопоглинаючого матеріалу товщиною 50...60 мм. Лінійні розміри екрану повинні у 2...3 рази перебільшувати розміри джерела шуму.

На рис. 2.68 наведені деякі типи акустичних екранів. Зниження рівня звукового тиску за екраном залежить від розмірів екрану та координат розрахункової точки. Найкраща акустична ефективність екранів спостерігається на високих і середніх частотах, тому що на низьких частотах звукові хвилі огинають екрани за рахунок дифракції.

З допомогою акустичних екранів знижується шум на робочих місцях на середніх частотах до 10 дБ, а на високих – до 15 дБ. У сполученні із звукопоглинаючими личкуваннями акустична ефективність екранів підвищується.

При проектуванні житлових будинків передбачають заходи шумовібропоглинання, які повинні задовольняти вимогам [18] щодо житлових приміщень.

У багатьох приміщеннях багатоповерхових будівель шумовий режим погіршують ліфтові установки. При роботі ліфтів розповсюджуються повітряний і струк-

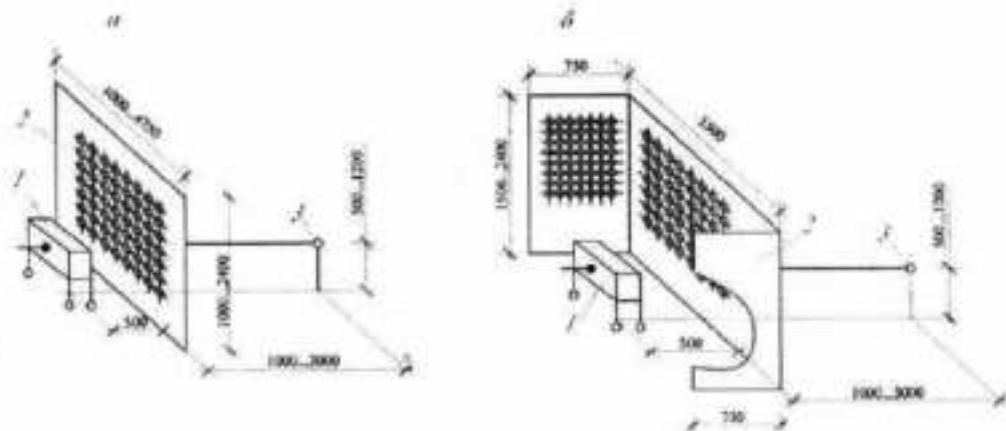


Рис. 2.68. Форми акустичних екранів:

a – тип «а»; *б* – тип «б»; *1* – джерело шуму; *2* – екран; *3* – розрахункова точка (робоче місце)

турний шуми. Енергія, що розповсюджується по огорожувальним конструкціям, є основною причиною підвищення рівня шуму у приміщеннях, які розташовані навіть на великих відстанях від машинного відділення. Так, рівень звукового тиску зменшується при віддаленні від машинного відділення у середньому на 2 дБ на один поверх. Основними джерелами повітряного і структурного шуму є: тормозні електромагніти, підшипники і вентилятори двигуна, контактори панелей управління та дверні механізми.

Заходи по боротьбі з шумом ліфтових установок полягають у віброізоляції установок і звукоізоляції машинних відділень. Для зменшення передачі шуму по конструкціям будівлі, шахти ліфтів проектують як самостійні споруди консольного типу, які не зв'язані із конструкціями будівлі. Стіни ліфтових шахт виготовляють із збірних залізобетонних стінових панелей, об'ємних блоків або монолітного залізобетону. На стіни ліфтових шахт спирається плита перекриття, що виконує функції підлоги машинного відділення. Фундаменти під шахти ліфтів виконують у вигляді масивних плит із монолітного бетону, які деформаційними швами відокремлюють від основних фундаментів будівель. Із метою покращення звукоізоляції між стінами ліфтових шахт і конструкціями будівель влаштовують зазори шириною 20...30 мм, які заповнюють ізоляційними матеріалами і накривають пластмасовими плінтусами або накладками. Над шахтами ліфтів розташовуються машинні відділення, які призначені для розміщення двигунів, редукторів, лебідок тощо. Для зменшення розповсюдження шуму в приміщення будівель їх установлюють на «плаваючі» підлоги, які складаються з пружних основ із герметизованих бризлом мінераловатних плит або із бітумно-полімерних звукоізоляційних матеріалів та масивних залізобетонних плит. Плити «плаваючої» підлоги спираються на перекриття шахти ліфта через віброізолятори. Для зменшення шуму машинного відділення передбачають збільшення ізоляції повітряного шуму до 30...35 дБ дверима машинного відділення та установку спеціальних глушників в отворах для пропуску під'юмних канатів, ефек-

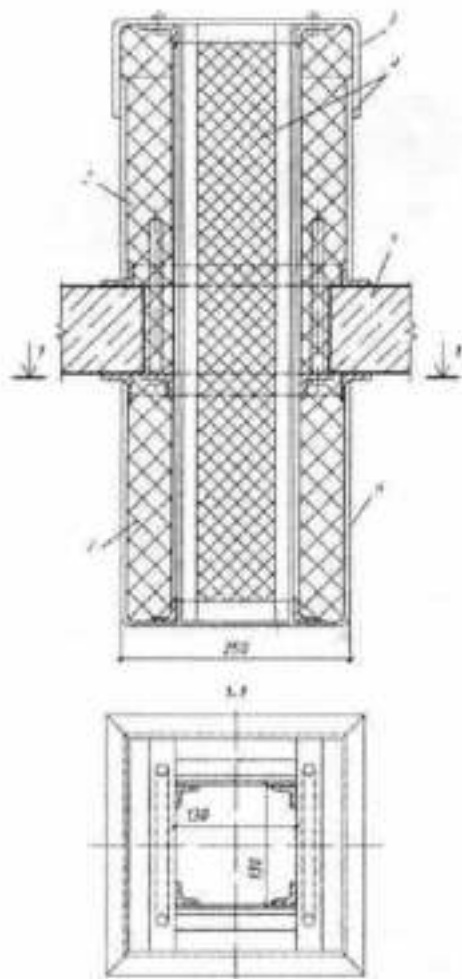


Рис. 2.69. Конструкція глушника для отворів несучих канатів ліфтових установок:

1, 2 – дві частини глушника; 3 – кришка; 4 – сітка і тканина; 5 – міжповерхове перекриття; 6 – звукопоглинаючий матеріал

кріплення до перекриттів ізолюють пружними прокладками із гуми (рис. 2. 70, а). Таким же чином ізолюють вузол стикування труби сміттєпроводу із сміттєприймальним бункером, який розміщують у сміттєзбиральних камерах. Для зменшення шуму, який проходить через кришки клапанів сміттєпроводів і при їх ударах, по

тивність яких складає 20 дБ (рис. 2. 69). Глушник являє собою каркас із кутків, обтягнутих металевою сіткою та тканиною. Простір між каркасом і зовнішнім кожухом із покрівельного металу заповнюють звукопоглинаючим матеріалом, наприклад, мінеральною ватою на основі скляного або базальтового волокна. Для кришої технології монтажу глушник виготовляють із двох половинок. Ефективність такого глушника досягає 20 дБ, що суттєво зменшує рівень шуму в будівлях.

У приміщеннях багатоповерхових житлових будинків, які межують із сміттєпроводами, інтенсивний шум виникає при скиданні твердого сміття та від ударів металевих кришок клапанів після завантажень сміттєпроводів. Стовбури сміттєпроводів виготовляють із звукопоглинаючих негорючих матеріалів – азбестоцементних, пластикових або корозійностійких сталевих труб із умовним діаметром не менше 500 мм. Для збільшення коефіцієнту внутрішнього тертя внутрішні поверхні труб сміттєпроводів покривають бітумними мастиками із азбестовим або слюдяним кришвом. Конструкція стовбура сміттєпроводу не повинна примикати до житлових і громадських приміщень із постійним перебуванням людей, мати вмонтовані пристрої для зниження швидкості падіння відходів, міжповерхові силові розвантажувальні муфти, закінчуватися поворотним шибером із протипожежним клапаном із межею вогнестійкості $EI 45$ у сміттєзбиральній камері. Розташування стовбура сміттєпроводу в ліфтовому холі не допускається. Хомути, що підтримують труби сміттєпроводу, у місцях

периметру кришок клапанів закріплюють гумові герметизуючі та амортизуючі прокладки. Дно бункерів, які сприймають основні удари, виконують із тонколистової сталі по шару перфорованої гуми товщиною 15...25 мм (рис. 2.70, б). Бокові поверхні бункерів обклеюють листовою гумою для сприйняття ударів предметів, які відскакують від дна.

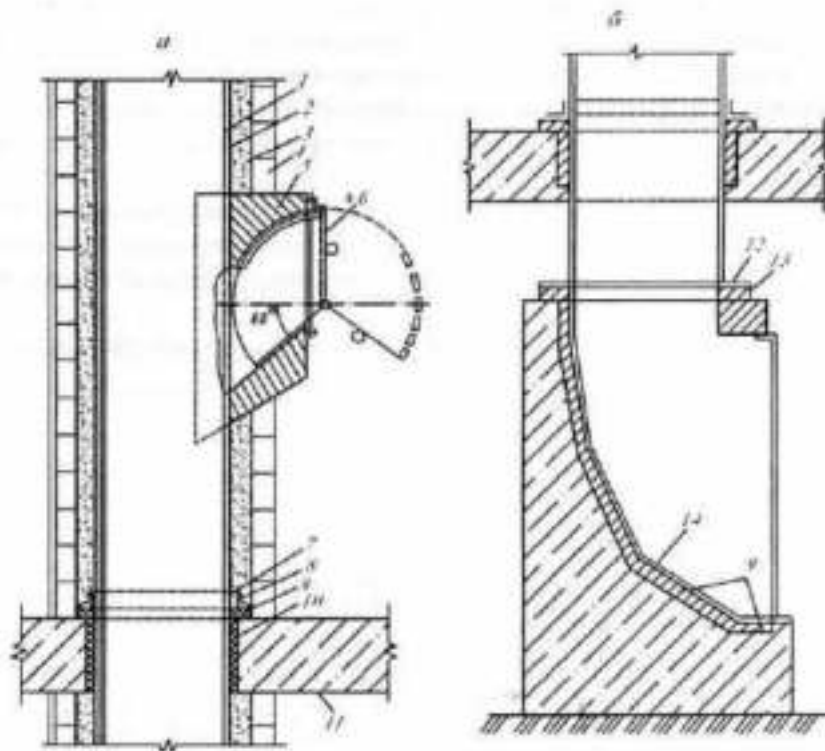


Рис. 2.70. Схема сміттєпроводу:

a – примикання сміттєпроводу до перекриття; *б* – бункер сміттєпроводу; 1 – азбестоцементна труба; 2 – обмазка бітумом; 3 – мінеральна вата; 4 – цегляна кладка; 5 – азбестоцементний розтруб; 6 – металевий клапан; 7 – гумова прокладка під хомут; 8 – хомут із смуги сталі з кутниками; 9 – прокладка з пружного матеріалу; 10 – бандаж із пружного матеріалу; 11 – перекриття; 12 – металева шайба; 13 – пружний матеріал; 14 – тонколистова сталь.

Сміттєзбиральні камери, що розміщуються під стовбурами сміттєпроводів, не допускається розташовувати під житловими приміщеннями або поряд із ними.

2.4.5. Забезпечення необхідної звукоізоляції огорожувальних конструкцій будівель

Проблема звукоізоляції в будівлях є актуальною, тому що в останні роки в Україні спостерігається тенденція до використання в будівництві більш легких збірних індустріальних конструкцій, наприклад сандвіч-панелей, замість масивних кам'яних стін.

Чим більша маса огорожувальної конструкції, тим краща її звукоізолююча здатність, але це суперечить принципу сучасного будівництва – мінімум матеріалоемності.

Для досягнення надійної звукоізоляції приміщень від повітряного та ударного шумів необхідно:

1. В міжповерхових перекриттях житлових і громадських будівель із нормованими величинами індексів приведеного рівня ударного шуму влаштовувати підлоги тільки із застосуванням пружного звукоізоляційного шару.

2. Використовувати багатошарові конструкції підлог із спиранням на несучі конструкції перекриттів через засипки, пружні прокладки або суцільні шари прокладок («плаваючі» підлоги).

3. Передбачати зазори шириною 10...15 мм між конструкцією підлоги і прилягаючими стінами та іншими конструкціями будівлі, заповнені пружними звукоізолюючими матеріалами, наприклад, скловолокном, м'якою деревоволокнистою плитою, мінеральною повстю тощо.

4. Передбачати кріплення плінтусів тільки до підлоги або тільки до стін (рис. 2.71).

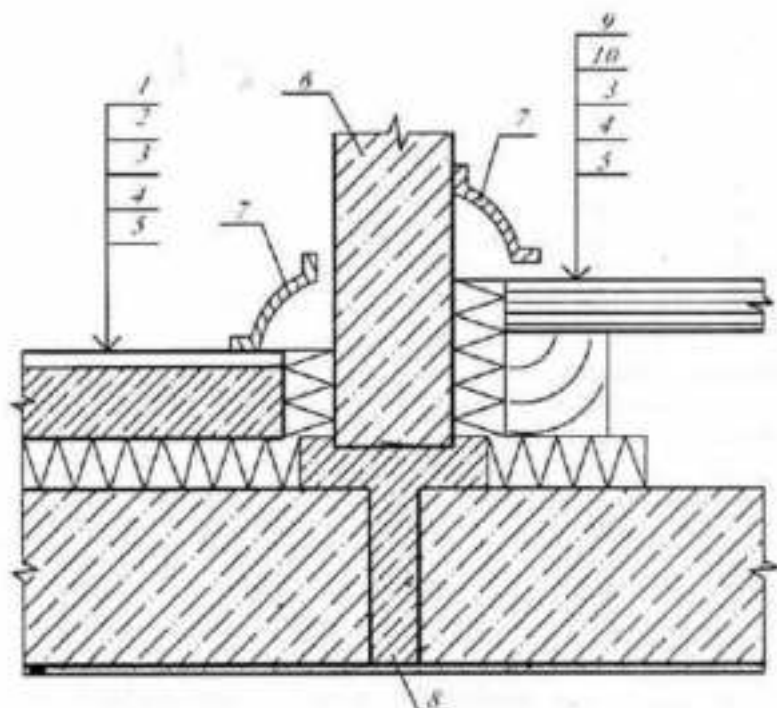


Рис. 2.71. Схема конструктивного рішення вузла прилягання підлоги на звукоізоляційному шарі до перегородки:

1 – покриття підлоги; 2 – бетонна основа підлоги; 3 – звукоізоляційний шар; 4 – плита міжповерхового перекриття; 5 – безпіщана підготовка; 6 – гіпсобетонна перегородка; 7 – плінтус; 8 – бетон замонолічування; 9 – дошка підлога; 10 – лага

5. Підвищувати ізоляцію ударного шуму перекриття з підлогою із звукоізоляційним шаром шляхом: збільшення товщини звукоізоляційного шару або застосування матеріалу з меншим динамічним модулем пружності; збільшення поверхневої густини підлоги; застосування під звукоізоляційним шаром засипок із піску, шлаку тощо додатково до основного звукоізоляційного шару; застосування суцільного звукоізоляційного шару замість стрічкових прошарків; збільшення товщини проміжку між несучою частиною та підлогою.

6. Для суттєвого збільшення ізоляції ударного шуму рекомендується застосувати ворсові, килимові та їм подібні покриття підлог, а також лінолеуми із спіненними складовими, що пройшли відповідні акустичні випробування і показали достатню ефективність.

7. Проектувати елементи огорожувальних конструкцій із матеріалів, які не мають наскрізних пор.

8. Використовувати подвійні стіни та перегородки із суцільним повітряним проміжком між складовими подвійної конструкції не менше 40...60 мм.

9. Підвищувати звукоізоляцію подвійних стін і перегородок шляхом: збільшення товщини проміжку між елементами подвійної конструкції; усунення жорсткого зв'язку по полю між елементами подвійної конструкції; заповнення проміжку звукопоглинаючим матеріалом, наприклад мінераловатними плитами.

10. Для збільшення ізоляції повітряного шуму застосовувати додаткову обшивку на відстані від поверхні стіни. Для обшивки використовують гіпсокартонні, деревоволокнисті та інші подібні листові матеріали закріплені, до стіни за допомогою гнучкого металевого каркасу, дерев'яних рейок, лінійних або точкових маяків із гіпсового або цементно-піщаного розчину.

11. Використовувати в конструкціях дверей і воріт пороги, ущільнювачі прокладки в стулках, щільне припасування полотна до коробки.

12. Проектувати подвійні двері з тамбуром і личкуванням звукоізолюючими матеріалами.

13. Застосовувати в конструкціях вікон багатошарове застосування, збільшену товщину скла, ущільнені стулки рам, закріплення скла в рамах пружними прокладками;

14. Використовувати підвісні стелі із заповненням звукоізолюючими матеріалами.

15. Стіжки між несучими елементами внутрішніх стін заповнювати безусадковим бетоном або розчином та застосовувати довговічні герметизуючі пружні матеріали у разі можливих взаємних переміщень у процесі експлуатації.

16. Перегородки, які спираються на несучі конструкції перекриття, встановлювати на ущільнювально-вирівнювальні матеріали (цементно-піщаний розчин, цементні пасти тощо). У місцях їх прилягання до стелі передбачати застосування герметизуючих матеріалів на всю глибину стиків.

17. Пропускати труби водяного опалення та водопостачання через стіни і міжповерхові перекриття в еластичних гільзах із пористого поліетилену та інших пружних матеріалів для забезпечення їх віброізоляції від огорожувальних конструкцій.

18. У вертикальних шахтах, в яких проходять труби стояків водопостачання і каналізації, встановлювати горизонтальні монолітні діафрагми на рівні та на товщину міжповерхових перекриттів, які перешкоджають розповсюдженню повітряного шуму через шахти. Виконувати пропускання стояків гарячого і холодного водопостачання через діафрагми в еластичних гільзах для запобігання поширення корпусного шуму від роботи водорозбірної арматури по перекриттям у житлові приміщення.

19. Застосовувати системи огорожувальних конструкцій за принципом «коробка в коробці» (для студій звукозаписів тощо).

20. Інженерні системи та стаціонарне обладнання, яке є потенційним джерелом звуку і вібрації (трансформатори, вентилятори, насоси тощо), встановлювати в окремих приміщеннях на ізольовані фундаменти через амортизатори.

Анотація та висновки до викладеної інформації у розділі 2

1. Будівельна фізика є основою для раціонального проектування будівель, споруд та їх комплексів, створення комфортних умов життєдіяльності людини, дозволяє забезпечити виконання необхідних технічних умов протягом заданого терміну служби.

2. Основною задачею архітектурної кліматології є обґрунтування доцільних проектних рішень планування населених міст, типів будівель та їх огорожувальних конструкцій, які враховують особливості клімату.

3. Кліматичними факторами, що впливають на конструкції будівель, їх об'ємно-планувальні рішення та містобудівельні утворення є показники: сонячної радіації, температури і вологості повітря та вітру.

4. Для визначення типових характеристик клімату, властивих окремим районам країни та границь їх поширення для цілей будівництва, виділяють будівельно-кліматичне районування території, яке враховує вплив кліматичних показників на об'ємно-планувальні, конструктивні рішення будівель і споруд та їх раціональне розміщення при забудові населених пунктів.

5. Для клімату України характерні мінусові температури зимового періоду і додатні літнього, які визначають необхідність теплового захисту приміщень будівель у всіх кліматичних районах взимку та захист будівель у III і IV кліматичних районах від їх перегріву влітку. При розрахунках несучої здатності будівельних конструкцій та ґрунтових основ будівель і споруд необхідно враховувати снігові, вітрові, ожеледю-вітрові навантаження та температурно-вологісні кліматичні впливи.

6. Мікроклімат приміщень будівель характеризується комплексом фізичних факторів середовища, що впливає на тепловий обмін і фізичний стан організму людини та умови експлуатації конструкцій будівель. Показниками мікроклімату приміщень є: температура повітря в приміщеннях і на поверхнях огорожувальних конструкцій, швидкість руху повітря, його вологість та гігієнічний стан, наявність або відсутність агресивних впливів на огороження, а також інсоляційний, світловий та шумовий режими.

7. Із метою економії паливних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат і підвищення рівня комфорту в приміщеннях необхідно проектувати енергоефективні будівлі, до концепції яких входить не лише ізоляція огорожувальних конструкцій за допомогою теплоізолюючих матеріалів, але і архітектурно-планувальні та специфічні інженерні рішення систем вентиляції та теплопостачання.

8. Основна задача будівельної теплофізики полягає в обґрунтуванні найбільш доцільних при експлуатації будівель рішень їх огорожувальних конструкцій, які задовольняють вимогам забезпечення в приміщеннях сприятливого мікроклімату для діяльності та відпочинку людини.

9. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівлі складається із розрахунку їх опору теплопередачі, який повинний бути не менше мінімально допустимого опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q, min}$ регламентованого ДБН [15] залежно від температурної зони України, в якій передбачається експлуатація будівлі.

10. При проектуванні огорожувальних конструкцій будівель негативний вплив теплопровідних включень усувається направленою теплоізоляцією. Теплова оболонка будівель із розміщенням утеплювача з боку фасадів забезпечує усунення конденсату на ділянках теплопровідних включень.

11. При проектуванні теплоізоляційної оболонки будівлі необхідно враховувати тепловитрати на її опалення. До складу розділу «Теплова ізоляція будівель» повинен входити Паспорт енергетичної ефективності, в якому наводяться: загальна інформація, розрахункові кліматичні параметри, функціональне призначення, тип і конструктивне рішення, геометричні та енергетичні показники і клас енергетичної ефективності.

12. Задача розрахунку огорожувальних конструкцій на теплостійкість у літній період полягає у наданні їм необхідних теплозахисних властивостей, що гарантують підтримування в приміщеннях комфортної температури повітря при періодичній зміні параметрів зовнішнього середовища.

13. Вологісний стан огорожувальних конструкцій впливає на їх теплозахисні властивості, тому що теплопровідність зволжених матеріалів більше, а опір теплопередачі конструкції менше. Від вологісного стану матеріалу залежить довговічність конструкцій, тому що зволожені огорожувальні конструкції швидко руйнуються від морозу. Метою розрахунку вологісного стану огорожувальної конструкції є надання їй необхідних властивостей, що гарантують відсутність конденсації вологи в її товщі взимку або відсутність накопичення вологи з роками.

14. Повітропроникність повітря через огорожувальні конструкції будівель відбувається під впливом різниці загальних тисків Δp на її протилежні поверхні. Опір повітропроникності шарів огорожувальних конструкцій повинний бути не менше допустимих значень, які визначаються за ДБН [15].

15. Аерацією називають організований та керований природний обмін повітря між внутрішнім і зовнішнім простором будівлі, який відбувається за рахунок різниці об'ємної ваги зовнішнього та внутрішнього повітря, впливу

вітру на огорожувальні конструкції. Показником якості системи вентиляції закритого приміщення є повітрообмін, який визначається об'ємом повітря, що подається в приміщення або видаляється з нього за одиницю часу.

16. Природне освітлення приміщень – це освітлення приміщень прямим або відбитим світлом неба, що проходить через світлові прорізи в огорожувальних конструкціях, основним показником якого є коефіцієнт природного освітлення.

17. Основна задача світлотехнічного розрахунку полягає у визначенні необхідної площі світлових прорізів залежно від функціонального призначення приміщень і характеристик зорової роботи в них.

18. При проектуванні житлових будинків і території житлової забудови необхідно вирішувати задачі, пов'язані з інсоляцією, суть яких полягає в оздоровчому, психофізіологічному, а також бактерицидному впливах сонячного опромінення на людину.

19. Основною задачею архітектурної акустики є дослідження закономірностей випромінювання і розповсюдження в різних середовищах пружних хвиль, а також їх взаємодія із середовищем, для визначення чутності мови або музики у приміщеннях, розробки об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівель, які забезпечують оптимальні умови слухового сприйняття.

20. Основна задача будівельної акустики полягає у вивченні питань звукоізоляції огорожувальних конструкцій та захисту від шуму приміщень будівель і територій населених міст будівельними та об'ємно-планувальними засобами.

21. Шумозахист і звукоізоляцію в містах і будівлях необхідно забезпечувати:

- усуненням або зниженням рівнів шуму, безпосередньо у джерелах, адміністративно-організаційними та інженерно-технічними заходами; комплексом містобудівельних і архітектурно-планувальних заходів, які включають віддаленість промислових підприємств від житлових будівель, використанням зелених насаджень, шумозахисних екранів та інших перешкод на шляху розповсюдження шуму, плануванням будівель і зонуванням приміщень;

- комплексом будівельно-конструктивних заходів, які передбачають підвищення звукоізоляційних та шумопоглинаючих властивостей огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання.

Класифікація будівель та споруд за функціональним призначенням

| Код ДК БС | Назва класифікаційного угруповання ДК БС | Код СРС |
|-------------|--|-----------|
| 1 | БУДІВЛІ | |
| 11 | Будівлі житлові | |
| 111 | Будинки одноквартирні | |
| 1110 | Будинки одноквартирні | 52 111.p1 |
| 111.1 | Будинки одноквартирні масової забудови | |
| 111.2 | Котеджі та будинки одноквартирні підвищеної комфортності | |
| 111.3 | Будинки садибного типу | |
| 111.4 | Будинки дачні та садові | |
| 112 | Будинки з двома та більше квартирами | |
| 1121 | Будинки з двома квартирами | 52 111.p2 |
| 1121.1 | Будинки двоквартирні масової забудови | |
| 1121.2 | Котеджі та будинки двоквартирні підвищеної комфортності | |
| 1122 | Будинки з трьома та більше квартирами | 52 119.p1 |
| 1122.1 | Будинки багатоквартирні масової забудови | |
| 1122.2 | Будинки багатоквартирні підвищеної комфортності, індивідуальні | |
| 1122.3 | Будинки житлові готельного типу | |
| 113 | Гуртожитки | |
| 1130 | Гуртожитки | 52 119.p2 |
| 1130.1 | Гуртожитки для робітників та службовців | |
| 1130.2 | Гуртожитки для студентів вищих навчальних закладів | |
| 1130.3 | Гуртожитки для учнів навчальних закладів | |
| 1130.4 | Будівлі-інтернати для людей похилого віку та інвалідів | |
| 1130.5 | Будівлі для дитини та сирітські будівлі | |
| 1130.6 | Будівлі для біженців, притулки для бездомних | |
| 1130.9 | Будівлі для колективного проживання інші | |
| 12 | Будівлі нежитлові | |
| 121 | Готелі, ресторани та подібні будівлі | |
| 1211 | Будівлі готельні | 52 124.p1 |
| 1211.1 | Готелі | |
| 1211.2 | Мотелі | |
| 1211.3 | Кемпінги | |
| 1211.4 | Пансіонати | |
| 1211.5 | Ресторани та бари | |
| 1212 | Інші будівлі для тимчасового проживання | 52 124.p2 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1212.1 | Туристичні бази та гірські притулки | |
| 1212.2 | Дитячі та сімейні табори відпочинку | |
| 1212.3 | Центри та будинки відпочинку | |
| 1212.9 | Інші будівлі для тимчасового проживання, не класифіковані раніше | |
| 122 | Будівлі офісні | |
| 1220 | Будівлі офісні | 52 122.p1 |
| 1220.1 | Будівлі органів державного та місцевого управління | |
| 1220.2 | Будівлі фінансового обслуговування | |
| 1220.3 | Будівлі органів правосуддя | |
| 1220.4 | Будівлі закордонних представництв | |
| 1220.5 | Адміністративно-побутові будівлі промислових підприємств | |
| 1220.9 | Будівлі для конторських та адміністративних цілей інші | |
| 123 | Будівлі торговельні | |
| 1230 | Будівлі торговельні | 52122.p1 |
| 1230.1 | Торгові центри, універмаги, магазини | |
| 1230.2 | Криті ринки, павільйони та зали для ярмарків | |
| 1230.3 | Станції технічного обслуговування автомобілів | |
| 1230.4 | Їдальні, кафе, закусочні та інші | |
| 1230.5 | Бази та склади підприємств торгівлі й громадського харчування | |
| 1230.6 | Будівлі підприємств побутового обслуговування | |
| 1230.9 | Будівлі торговельні інші | |
| 124 | Будівлі транспорту та засобів зв'язку | |
| 1241 | Вокзали, аеровокзали, будівлі засобів зв'язку та пов'язані з ними будівлі | 52 122.p3 |
| 1241.1 | Автовокзали та інші будівлі автомобільного транспорту | |
| 1241.2 | Вокзали та інші будівлі залізничного транспорту | |
| 1241.3 | Будівлі міського електротранспорту | |
| 1241.4 | Аеровокзали та інші будівлі повітряного транспорту | |
| 1241.5 | Морські та річкові вокзали, маяки та пов'язані з ними будівлі | |
| 1241.6 | Будівлі станцій підвісних та канатних доріг | |
| 1241.7 | Будівлі центрів радіо- та телевізійного мовлення, телефонних станцій, телекомунікаційних центрів та інші | |
| 1241.8 | Ангари для літаків, локомотивні, вагонні, трамвайні та тролейбусні депо | |
| 1241.9 | Будівлі транспорту та засобів зв'язку інші | |
| 1242 | Гаражі | 52 122.p4 |
| 1242.1 | Гаражі наземні | |
| 1242.2 | Гаражі підземні | |
| 1242.3 | Стоянки автомобільні криті | |
| 1242.4 | Навіси для велосипедів | |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 125 | Будівлі промислові та склади | |
| 1251 | Будівлі промислові | 52121.pl |
| 1251.1 | Будівлі підприємств машинобудування та металообробної промисловості | |
| 1251.2 | Будівлі підприємств чорної металургії | |
| 1251.3 | Будівлі підприємств хімічної та нафтохімічної промисловості | |
| 1251.4 | Будівлі підприємств легкої промисловості | |
| 1251.5 | Будівлі підприємств харчової промисловості | |
| 1251.6 | Будівлі підприємств медичної та мікробіологічної промисловості | |
| 1251.7 | Будівлі підприємств лісової, деревообробної та целюлозно-паперової промисловості | |
| 1251.8 | Будівлі підприємств будівельної індустрії, будівельних матеріалів та виробів, скляної та фарфорово-фаянсової промисловості | |
| 1251.9 | Будівлі інших промислових виробництв, включаючи поліграфічне | |
| 1252 | Резервуари, силоси та склади | 52 121.p2 |
| 1252.1 | Резервуари для нафти, нафтопродуктів та газу | |
| 1252.2 | Резервуари та ємності інші | |
| 1252.3 | Силоси для зерна | |
| 1252.4 | Силоси для цементу та інших сипучих матеріалів | |
| 1252.5 | Склади спеціальні товарні | |
| 1252.6 | Холодильники | |
| 1252.7 | Складські майданчики | |
| 1252.8 | Склади універсальні | |
| 1252.9 | Склади та сховища інші | |
| 126 | Будівлі для публічних виступів, закладів освітнього, медичного та оздоровчого призначення | |
| 1261 | Будівлі для публічних виступів | 52 123 |
| 1261.1 | Театри, кінотеатри та концертні зали | |
| 1261.2 | Зали засідань та багатоцільові зали для публічних виступів | |
| 1261.3 | Цирки | |
| 1261.4 | Казино, ігорні будинки | |
| 1261.5 | Музичні та танцювальні зали, дискотеки | |
| 1261.6 | Будівлі для публічних виступів інші | |
| 1262 | Музеї та бібліотеки | 52 125.pl |
| 1262.1 | Музеї та художні галереї | |
| 1262.2 | Бібліотеки, книгосховища | |
| 1262.3 | Технічні центри | |
| 1262.4 | Планетарії | |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1262.5 | Будівлі архівів | |
| 1262.6 | Будівлі зоологічних та ботанічних садів | |
| 1263 | Будівлі навчальних та дослідних закладів | 52 125.p2 |
| 1263.1 | Будівлі науково-дослідних та проектно-вишукувальних установ | |
| 1263.2 | Будівлі вищих навчальних закладів | |
| 1263.3 | Будівлі шкіл та інших середніх навчальних закладів | |
| 1263.4 | Будівлі професійно-технічних навчальних закладів | |
| 1263.5 | Будівлі дошкільних та позашкільних навчальних закладів | |
| 1263.6 | Будівлі спеціальних навчальних закладів для дітей з фізичними або розумовими вадами | |
| 1263.7 | Будівлі закладів з фахової перепідготовки | |
| 1263.8 | Будівлі метеорологічних станцій, обсерваторій | |
| 1263.9 | Будівлі освітніх та науково-дослідних закладів інші | |
| 1264 | Будівлі лікарень та оздоровчих закладів | 52 126 |
| 1264.1 | Лікарні багатoproфільні територіального обслуговування, навчальних закладів | |
| 1264.2 | Лікарні профільні, диспансери | |
| 1264.3 | Материнські та дитячі реабілітаційні центри, пологові будинки | |
| 1264.4 | Поліклініки, пункти медичного обслуговування та консультації | |
| 1264.5 | Шпиталі виправних закладів, в'язниць та збройних сил | |
| 1264.6 | Санаторії, профілакторії та центри функціональної реабілітації | |
| 1264.7 | Заклади лікувально-профілактичні та оздоровчі інші | |
| 1265 | Зали спортивні | 52 279.p1 |
| 1265.1 | Зали гімнастичні, баскетбольні, волейбольні, тенісні та інші | |
| 1265.2 | Басейни криті для плавання | |
| 1265.3 | Хокейні та льодові стадіони криті | |
| 1265.4 | Манежі легкоатлетичні | |
| 1265.5 | Тирн | |
| 1265.9 | Зали спортивні інші | |
| 127 | Будівлі нежитлові інші | |
| 1271 | Будівлі сільськогосподарського призначення, лісівництва та рибного господарства | 52 129.p1 |
| 1271.1 | Будівлі для тваринництва | |
| 1271.2 | Будівлі для птахівництва | |
| 1271.3 | Будівлі для зберігання зерна | |
| 1271.4 | Будівлі силосні та сінажні | |
| 1271.5 | Будівлі для садівництва, виноградарства та виноробства | |
| 1271.6 | Будівлі тепличного господарства | |
| 1271.7 | Будівлі рибного господарства | |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1271.8 | Будівлі підприємств лісівництва та звірівництва | |
| 1271.9 | Будівлі сільськогосподарського призначення інші | |
| 1272 | Будівлі для культурної та релігійної діяльності | 52 129.p2 |
| 1272.1 | Церкви, собори, костьоли, мечеті, синагоги та інші | |
| 1272.2 | Похоронні бюро та ритуальні зали | |
| 1272.3 | Цвинтарі та крематорії | |
| 1273 | Пам'ятки історичні та такі, що охороняються державою | 52 129.p3 |
| 1273.1 | Пам'ятки історії та архітектури | |
| 1273.2 | Археологічні розкопки, руїни та історичні місця, що охороняються державою | |
| 1273.3 | Меморіали, художньо-декоративні будівлі, статуї | |
| 1274 | Будівлі інші, не класифіковані раніше | 52 129.p4 |
| 1274.1 | Казарми збройних сил | |
| 1274.2 | Будівлі міліцейських та пожежних служб | |
| 1274.3 | Будівлі виправних закладів, в'язниць та слідчих ізоляторів | |
| 1274.4 | Будівлі лазень та пралень | |
| 1274.5 | Будівлі з облаштування населених пунктів | |
| 2 | ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ | |
| 21 | Транспортні споруди | |
| 211 | Автостради, вулиці та дороги | |
| 2111 | Автостради | 52 211.p1 |
| 2111.1 | Дороги автомобільні магістральні | |
| 2111.2 | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та стоянок на автостадах | |
| 2112 | Вулиці та дороги | 52 211.p2 |
| 2112.1 | Вулиці та дороги міст і населених пунктів | |
| 2112.2 | Позаміські, об'їзні та окружні дороги | |
| 2112.3 | Дороги для технічного автотранспорту промислових підприємств | |
| 2112.4 | Доріжки для велосипедної та верхової їзди | |
| 2112.5 | Майдани, тротуари та пішохідні зони | |
| 2112.6 | Польові дороги | |
| 2112.7 | Автомобільні дороги сільськогосподарських підприємств | |
| 2112.8 | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки стоянок на вулицях та дорогах | |
| 2112.9 | Шляхи, вулиці, дороги та дорожні споруди інші | |
| 212 | Залізничні споруди та дорожні споруди інші | |
| 2121 | Залізничні споруди | |
| 2121.1 | Залізничні магістральні | 52 212.p1 |
| 2121.2 | Залізничні колії магістральні | |
| 2121.3 | Під'їзні, станційні та сортувальні колії | |
| 2121.9 | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації | |

| | | |
|-------------|--|--------------------|
| 2122 | Споруди для обслуговування магістральних залізниць | |
| 2122.1 | Залізничні місцеві | 52 212.p2 |
| 2122.2 | Залізничні колії метрополітенів | |
| 2122.3 | Трамвайні колії | |
| 2122.4 | Залізничні підвісні та на естакадах | |
| 2122.5 | Залізничні колії промислових підприємств | |
| | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації | |
| 2122.9 | Споруди місцевого рейкового транспорту інші | |
| 213 | Злітно-посадкові смуги | |
| 2130.1 | Злітно-посадкові смуги | 52 213 |
| 2130.2 | Злітно-посадкові смуги для злету та посадки | |
| | Злітно-посадкові смуги для маневрування, стоянки літаків та інших літальних апаратів | |
| 2130.3 | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації злітно-посадкових та стоянкових смуг | |
| 2130.9 | Споруди для обслуговування злітно-посадкових та стоянкових смуг інші | |
| 214 | Мости, естакади, тунелі та метро | |
| 2141 | Мости та естакади | 52 221 + 52 222 |
| 2141.1 | | |
| 2141.2 | Автомобільні мости, шляхопроводи та естакади надземні | |
| 2141.3 | Залізничні мости та естакади надземні | |
| 2141.4 | Мости комбіновані | |
| 2141.5 | Мости польових доріг | |
| 2141.6 | Мости пересувні, наплавні та пороми | |
| 2141.7 | Мости пішохідні | |
| | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки й електрифікації мостів та естакад | |
| 2141.9 | Мости та естакади інші | |
| 2142 | Тунелі та метро | 52 223 + 52 224 |
| 2142.1 | | |
| 2142.2 | Тунелі автодорожні | |
| 2142.3 | Тунелі залізничні | |
| 2142.4 | Тунелі комбіновані | |
| 2142.5 | Тунелі метрополітенів | |
| 2142.6 | Тунелі пішохідні | |
| 2142.7 | Переходи підземні | |
| | Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки й електрифікації тунелів та метро | |
| 2142.9 | Тунелі та подібні споруди інші | |
| 215 | Порти, канали, греблі та інші водні споруди | |
| 2151 | Порти та судноплавні канали | 52 232 |
| 2151.1 | | |

| | | |
|-------------|--|--------------------|
| 2151.2 | Портові споруди морські | |
| 2151.3 | Портові споруди річкові | |
| 2151.4 | Канали судноплавні | |
| 2151.5 | Шлюзи та інші судноплавні споруди на річках і каналах | |
| 2151.6 | Споруди суднобудівної промисловості | |
| 2151.9 | Порти військові | |
| 2152 | Портові та судноплавні споруди інші | |
| 2152.1 | Дамби | 52 233 |
| 2152.2 | Дамби гідроенергетичні | |
| 2152.3 | Дамби для зрошення і регулювання водних потоків | |
| 2152.4 | Водозахисні споруди теплових електростанцій | |
| 2152.4 | Водозахисні споруди втомних електростанцій | |
| 2153 | Дамби, загати та інші водозахисні насипні споруди | 52 231 + 52 234 |
| 2153.1 | Акведуки, дюкери | |
| 2153.2 | Канали магістральні зрошувальних систем | |
| 2153.3 | Споруди систем водозабезпечення землеробства | |
| 2153.4 | Споруди осушувальних систем | |
| 2153.5 | Споруди зливових мереж | |
| 2153.9 | Споруди зрошувального та осушувального господарства інші | |
| 22 | Трубопроводи, комунікації та лінії електропередачі | |
| 221 | Магістральні трубопроводи, комунікації та лінії електропередачі | |
| 2211 | Магістральні нафтопроводи та газопроводи | 52 241.p2 |
| 2211.1 | Магістральні нафтопроводи та газопроводи | |
| 2211.2 | Нафтопроводи магістральні | |
| 2211.3 | Газопроводи магістральні | |
| 2211.4 | Конденсатопроводи та продуктопроводи магістральні | |
| 2211.5 | Насосні станції на магістральних нафто- та газопроводах | |
| 2211.9 | Споруди зв'язку на магістральних нафто- та газопроводах | |
| | Споруди для магістрального трубопровідного транспорту інші | |
| 2212 | Магістральні водопроводи | 52 241.p1 |
| 2212.1 | Водоводи магістральні та відводи від них | |
| 2212.2 | Станції насосні та фільтраційні на магістральних водопроводах | |
| 2212.3 | Споруди зв'язку та обслуговування на магістральних водопроводах | |
| 2213 | Магістральні телекомунікаційні лінії | 52 242 |
| 2213.1 | Лінії та вузли магістрального телефонного зв'язку | |
| 2213.2 | Релейні системи телебачення та магістральні кабельні мережі | |
| 2213.3 | | |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2213.9 | Споруди та системи радіозв'язку | |
| 2214 | Споруди телекомунікаційні інші | 52 243 |
| 2214.1 | Магістральні лінії електропередачі | |
| | Магістральні лінії електропередачі кабельні – КЛЕП високої напруги | |
| 2214.2 | Магістральні лінії електропередачі повітряні – ЛЕП високої напруги | |
| 2214.3 | Лінії електричні розподільчі середньої напруги | |
| 2214.4 | Трансформаторні станції та підстанції магістральних ліній електропередачі | |
| 2214.9 | Споруди магістральних систем електрозабезпечення інші | |
| 222 | | |
| 2221 | Місцеві трубопроводи та комунікації | 52 250.p1 |
| 2221.1 | Місцеві газорозподільні системи | |
| 2221.2 | Місцеві трубопроводи для транспортування газу | |
| 2222 | Споруди допоміжні місцевих газорозподільних систем | |
| | Місцеві трубопровідні системи для води та інших продуктів | 52 250.p2 |
| 2222.1 | Місцеві водопровідні мережі | |
| 2222.2 | Місцеві теплові мережі | |
| 2222.3 | Місцеві мережі для транспортування пари та стисненого повітря | |
| 2222.4 | Водяні свердловини, колодязі, бювети | |
| 2222.9 | Водонапірні башти, фонтани | |
| 2223 | Споруди місцевих трубопровідних систем інші | 52 250.p3 |
| 2223.1 | Місцеві каналізаційні системи | |
| 2223.2 | Місцеві каналізаційні та водостічні мережі | |
| 2223.3 | Колектори каналізаційні | |
| 2224 | Установки для перероблення стічних вод | 52 250.p4 |
| 2224.1 | Місцеві електро- та телекомунікаційні системи | |
| 2224.2 | Місцеві електросилові мережі | |
| 2224.3 | Тролейбусні лінії | |
| | Трансформаторні станції та підстанції місцевих електромереж | |
| 2224.4 | Місцеві телекомунікаційні лінії | |
| 2224.5 | Місцеві телевізійні кабельні мережі | |
| 2224.9 | Споруди місцевих електричних та телекомунікаційних мереж інші | |
| 23 | | |
| 230 | Комплексні промислові споруди | |
| 2301 | Комплексні промислові споруди | 52 261 |
| | Споруди гірничопромислових та добувних підприємств | |
| 2301.1 | Споруди підприємств нафтодобувної та газової промисловості | |
| 2301.2 | | |

| | | |
|--------|--|--------|
| 2301.3 | Шахти та споруди підприємств з добування вугілля та сланцю | |
| 2301.4 | Споруди підприємств торф'яної промисловості | |
| 2301.5 | Споруди підприємств з добування та збагачення рудної сировини для виробництва чорних металів | |
| 2301.6 | Споруди підприємств з добування та збагачення рудної сировини для виробництва кольорових металів | |
| 2301.7 | Споруди підприємств з добування рідкісних і дорогоцінних металів та алмазів | |
| 2301.8 | Споруди підприємств виробництва будівельних матеріалів (гіпсові, цементні, цегельні, черепичні заводи та інші) | |
| 2301.9 | Споруди підприємств лісозаготівельної промисловості | |
| 2302 | Споруди гірничопромислових та добувних підприємств інші | |
| 2302.1 | Споруди підприємств електроенергетики | 52 262 |
| 2302.2 | Електростанції гідравлічні та гідроаккумуляційні | |
| 2302.3 | Електростанції теплові | |
| 2302.4 | Електростанції атомні | |
| 2302.5 | Електростанції на нетрадиційних джерелах енергії | |
| 2302.6 | Споруди підприємств зі збагачення та перероблення ядерних матеріалів | |
| 2302.9 | Споруди підприємств зі спалювання відходів | |
| 2303 | Споруди підприємств електро- та теплоенергетики інші | |
| 2303.1 | Споруди підприємств хімічної промисловості | 52 263 |
| 2303.2 | Споруди підприємств содової, хлорної промисловості та з виробництва пластичних мас | |
| 2303.3 | Споруди підприємств лакофарбової промисловості та побутової хімії | |
| 2303.4 | Споруди нафтохімічних та нафтопереробних підприємств | |
| 2303.5 | Споруди коксохімічних заводів | |
| 2303.6 | Споруди підприємств з виробництва продуктів основного органічного синтезу та синтетичного каучуку | |
| 2303.9 | Термінали для нафтопродуктів портові та прибережні | |
| 2304 | Споруди підприємств хімічної промисловості інші | |
| 2304.1 | Споруди підприємств металургійної промисловості, неklasифіковані раніше | 52 269 |
| 2304.2 | Споруди агломераційного та доменного виробництва | |
| 2304.3 | Споруди сталеплавильного виробництва | |
| 2304.4 | Споруди прокатного виробництва | |
| 2304.5 | Споруди трубного та метизного виробництва | |
| 2304.6 | Споруди феросплавного виробництва | |
| 2304.7 | Споруди вогнетривкового виробництва | |
| 2304.9 | Споруди підприємств кольорової металургії | |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 24 | Споруди підприємств металургійної промисловості інші | |
| 241 | Інші інженерні споруди | |
| 2411 | Споруди спортивного та розважального призначення | |
| 2411.1 | Стадіони, спортивні поля та майданчики | 52 271 |
| | Стадіони та майданчики для занять спортом на відкритому повітрі | |
| 2411.2 | Треки та поля для автомобільного, велосипедного та кінного спорту | |
| 2411.3 | Споруди для занять водним спортом | |
| 2412 | Інші споруди спортивного та розважального призначення | 52 279.p2 |
| 2412.1 | Споруди для мореплавних видів спорту та відпочинку | |
| 2412.2 | Споруди для зимових та гірських видів спорту та відпочинку | |
| 2412.3 | Льотні поля та поля для парашутного спорту | |
| 2412.4 | Споруди кінних центрів | |
| 2412.5 | Громадські сади та парки для розваг і відпочинку | |
| 2412.6 | Споруди зоологічних та ботанічних садів | |
| 2412.7 | Майданчики для гри в гольф | |
| 242 | Інші інженерні споруди, некласифіковані раніше | |
| 2420 | Інші інженерні споруди, некласифіковані раніше | 52 290 |
| 2420.1 | Військові випробувальні центри | |
| 2420.2 | Військові полігони та стрільбища | |
| 2420.3 | Військові інженерні фортифікаційні споруди | |
| 2420.4 | Космодроми та дільниці для запуску супутників | |
| 2420.5 | Полігони складування побутових відходів | |
| 2420.6 | Споруди по знешкодженню та захороненню шкідливих промислових відходів | |
| 2420.7 | Відвали гірничих розробок | |

Об'ємно-планувальні показники житлових і нежитлових будівель

Площу приміщень житлових будинків визначають за їх розмірами між окремими поверхнями стін і перегородок на рівні підлоги (без урахування плінтусів).

Площа квартир – це сумарна площа житлових і підсобних приміщень квартири без урахування лоджій, балконів, веранд і терас.

Загальна площа квартири (житлового будинку) – це сумарна площа житлових і підсобних приміщень із урахуванням лоджій, балконів, веранд і терас, які враховуються з коефіцієнтами пониження: для балконів і терас – 0,3; для лоджій – 0,5; для закслених балконів – 0,8; для веранд, закслених лоджій і холодних комор – 1,0.

Загальна площа громадської будівлі визначається як сума площ усіх поверхів (включаючи технічні, мансардний, цокольний та підвальный). Площа антресолей, переходів до інших будівель, закслених веранд, галерей, балконів залів глядачів слід включати до загальної площі. Площу багатосвітних приміщень слід включати до загальної площі будівлі у межах одного поверху.

Корисна площа громадської будівлі визначається як сума площ усіх розташованих у ньому приміщень, а також балконів і антресолей у залах, фойє тощо за винятком сходових кліток, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів і пандусів.

Розрахункова площа громадської будівлі визначається як сума площ усіх розташованих у ньому приміщень, за винятком коридорів, тамбурів, переходів, сходових кліток, ліфтових шахт, внутрішніх відкритих сходів, а також приміщень, призначених для розміщення інженерного обладнання та інженерних мереж. Площа коридорів, які використовуються як рекреаційні приміщення, включається до розрахункової площі.

Торговельна площа магазину визначається як сума площ торговельних залів, приміщень прийому та видачі замовлень, залу кафетерію, площі для додаткових послуг покупцям.

Загальна площа виробничої будівлі визначається як сума площ усіх поверхів (надземних, включаючи технічні, цокольні та підвальный), виміряні у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, тунелів, внутрішніх площадок, антресолей, усіх ярусів внутрішніх етажерок, рамп, галерей і переходів до інших будівель. До загальної площі будівлі не включають площі технічного підпілля висотою менше 1,8 м до низу конструкцій, що виступають, а також площадки для обслуговування підкранових шляхів, кранів, конвеєрів, монорейок і світильників.

Будівельний об'єм будівлі визначається як сума будівельного об'єму вище позначки 0,000 (надземна частина) і нижче цієї позначки (підземна частина). Будівельний об'єм визначається у межах обмежувальних поверхонь із включенням огорожувальних конструкцій, світлових ліхтарів, куполів тощо, починаючи з позначки чистої підлоги кожної із частин будівлі без урахування архітектурних деталей та конструктивних елементів, які виступають, підпільних каналів, портиків, терас, балконів, об'єму проїздів і простору під будівлею на опорах.

Площа забудови будівлі визначається як площа горизонтального перерізу зі зовнішнім обводом будівлі на рівні цоколю, включаючи частини, що виступають. Площа під будівлею, розташованою на опорах, а також проїзди під будівлею включаються до площі забудови.

При визначенні **поверховості будівлі** до числа поверхів включаються усі надземні поверхи, у тому числі технічний поверх, мансардний, а також цокольний поверх, якщо верхній рівень його перекриття знаходиться вище середньої плануванняльної позначки землі, не менше ніж на 2 м. Технічний поверх, розташований над верхнім поверхом, при визначенні поверховості будівель не враховується.

При неоднаковій кількості поверхів у різних частинах будівлі, а також при розташуванні будівлі на ділянці з ухилом, поверховість визначається окремо для кожної частини будівлі, виходячи з рівня виходу із будівлі.

Додаток 1.3 (рекомендований)

Вогнезахисні склади речовин для підвищення вогнестійкості несучих металевих конструкцій

| Склад речовини та його характеристика | Межа вогнестійкості несучих металевих конструкцій | | | |
|--|---|-----|-----|------|
| | R15 | R45 | R90 | R120 |
| | при товщині покриття, мм | | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПРОТЕРМ СТИЛ – біла фарба, що складається з антипіренів, акрилових полімерів, пігментів, коксо- і газотворюючих речовин, які при високій температурі утворюють теплоізолюючу піну | 0,3 | 1,0 | | |
| ПУЛЛІФАСР S 607 – рідка фарба білого кольору. Складається із суміші олігомерів, води і безпечних добавок. Використовується тільки для захисту внутрішніх конструкцій будівель | 0,3 | 0,8 | 1,6 | |
| ОЗК-45 – вододисперсійна фарба на основі дисперсії полівінілацетату, наповнювачів, пігментів і цільових добавок | 0,4 | 1,0 | | |
| ОГРАКС-В-СК – паста світло-сірого кольору на водній основі терморозширюючого типу. Під впливом вогню різко збільшується в об'ємі з утворенням піни, яка має низьку теплопровідність | 0,4 | 1,0 | | |
| МПВО – в'язка суспензія полімерів, наповнювачів і спеціальних добавок. Висока еластичність, ударна в'язкість, водостійкість і морозостійкість | 1,0 | 3,0 | | |
| Металлакс-ВМ – паста чорного кольору. Композит на основі полімерних матеріалів, який створює при термічному впливі теплоізолюючу вогнезахисну шубу | 1,5 | | | |
| СКГ-2 – двокомпонентний склад із лакумапівфабрикату і пінонаповнювача, які змішуються перед використанням | | 3,0 | 5,0 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----|------|------|------|
| ФЕНІКС СТС – терморозширний склад на органічній основі білого кольору, матова поверхня. Наноситься методом безповітряного розпилення агрегатом високого тиску або валиком | | 0,82 | 1,96 | |
| ФЕНІКС СТВ – терморозширний склад на водній основі білого кольору, матова поверхня. Наноситься методом безповітряного розпилення агрегатом високого тиску або валиком | | 0,86 | 1,83 | |
| ОЗС-МВ – паста бурого кольору на основі рідкого скла, неорганічних наповнювачів і вигоряючих добавок | | 8,0 | 15,0 | 20,0 |
| НЕСПРЕЙ – суха суміш із спученого вермікуліту, цементу, наповнювачів і цільових добавок. Наноситься на поверхню штукатурними агрегатами методом вологого торкретування | 4,0 | 12,0 | 21,0 | 27,0 |

Додаток 1.4 (рекомендований)

Марки основних комплектів робочих креслень




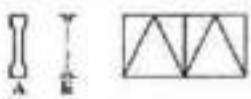

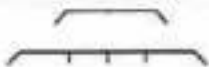


(вибірково за ДСТУ Б А.2.4-4:2009)

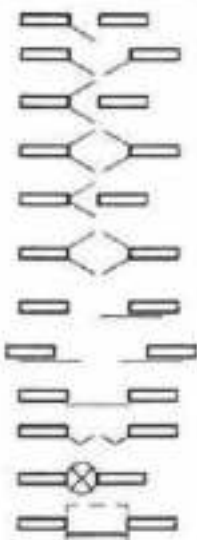

| Найменування основного комплекту робочих креслень | Марка | Примітка |
|---|-------|--|
| Технологія виробництва | ТХ | |
| Технологічні комунікації | ТК | При об'єднанні робочих креслень всіх технологічних комунікацій |
| Генеральний план і споруди транспорту | ГТ | При об'єднанні робочих креслень генерального плану і споруд транспорту |
| Генеральний план | ГП | |
| Архітектурні рішення | АР | |
| Інтер'єри | АІ | Робочі креслення можуть бути об'єднані з основним комплектом марки АР або АБ |
| Конструкції залізобетонні | КЗ | |
| Конструкції дерев'яні | КД | |
| Архітектурно-будівельні рішення | АБ | При об'єднанні робочих креслень архітектурних рішень і будівельних конструкцій |
| Конструкції металеві деталізовані | КМД | |
| Водовідвід і каналізація | ВК | |
| Опалення, вентиляція та кондиціонування | ОВ | |

Умовні графічні зображення будівельних конструкцій та їх елементів
(за ДСТУ Б А.2.4-7:2009)

| Найменування | Зображення | |
|---|------------|-----------|
| | в плані | в розрізі |
| <p>1. Перегородка із складова Примітка. На кресленнях в масштабі 1:200 і менше допускається позначати цей вид перегородки однією суцільною прямою основною лінією.</p> | | |
| <p>2. Проріз</p> <p>2.1. Проріз (що проектується без заповнення)</p> | | |
| <p>2.2. Проріз, який належить зробити в існуючій стіні, перегородці, покритті, перекритті</p> | | |
| <p>2.3. Проріз в існуючій стіні, перегородці, покритті, перекритті, який належить замкнути Примітка. В пояснювальному тексті замість крапок вказують матеріал застосовано</p> | | |
| <p>2.4. Проріз</p> <p>а) без четверті</p> | | |
| <p>б) з четвертю</p> | | |
| <p>в) в масштабі 1:200 і менше, а також для креслень елементів конструкцій заводського виготовлення</p> | | |
| <p>3. Пандус Примітка. Уклон пандуса вказують на плані у відсотках (наприклад 10,3%) або у вигляді відношення висот і довжини (наприклад 1:7). Стрілками на плані показано напрямки спуску.</p> | | |

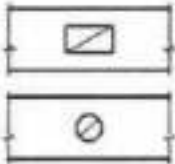
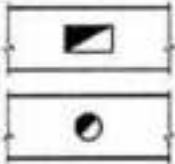
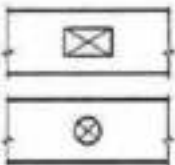

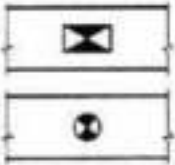
| Найменування | Зображення | |
|---|------------|-----------|
| | в плані | в розрізі |
| 4. Сходи | | |
| 4.1. Сходи металеві: | | |
| а) вертикальні | | |
| б) похилі | | |
| 4.2. Сходи: | | |
| а) нижній марш | | |
| б) проміжний марш | | |
| в) верхній марш | | |
| Примітка. Стрілкою показано напрям підйому маршу | | |
| 5. Елемент існуючий, що підлягає розбиранню | | |
| 6. Висощення | | |

| Найменування | Зображення | |
|--|---|--|
| | в плані | в розрізі |
| 7. Колони а) залізобетонні: - суцільного перерізу - двогілляні б) металеві: - суцільностінні - двогілляні |  |  |
| Примітка. Зображення А - для колон без консоли, Б і В - для колон з консолюю | | |
| 8. Ферми Примітка. Зображення А - для ферми залізобетонної, Б - для ферми металеві |  |  |
| 9. Плита, балка |  |  |
| 10. Устяння металеві а) одностовпні: - вертикальні - горизонтальні б) двостовпні в) такі |  |  |

| Найменування | Зображення |
|---|--|
| <p>11. Двері, ворота</p> <p>11.1. Двері одностулкові</p> <p>11.2. Двері двостулкові</p> <p>11.3. Двері подвійні одностулкові</p> <p>11.4. Те саме, двостулкові</p> <p>11.5. Двері одностулкові з хитким полотном (права або ліва)</p> <p>11.6. Двері двостулкові з хиткими полотнами</p> <p>11.7. Двері (ворота) відкатні одностулкові</p> <p>11.8. Двері (ворота) розсувні двостулкові</p> <p>11.9. Двері (ворота) підйомні</p> <p>11.10. Двері складчасті</p> <p>11.11. Двері, що обертається</p> <p>11.12. Ворота підйомно-поворотні</p> |  |
| <p>12. Рами вікна</p> <p>12.1. Рама з боковим підвішуванням, що відчиняється всередину</p> <p>12.2. Те саме, що відчиняється назовні</p> <p>12.3. Рама з нижнім підвішуванням, що відчиняється всередину</p> <p>12.4. Те саме, що відчиняється назовні</p> <p>12.5. Рама з верхнім підвішуванням, що відчиняється всередину</p> <p>12.6. Те саме, що відчиняється назовні</p> <p>12.7. Рама з середнім підвішуванням горизонтальним</p> <p>12.8. Те саме, вертикальним</p> <p>12.9. Рама розсувна</p> <p>12.10. Рама з підйомом</p> <p>12.11. Рама глуха</p> <p>12.12. Рама з боковим або з нижнім підвішуванням, що відчиняється всередину</p> <p>Примітка. Вершину знака (зображеного штрихом) направити до об'єкта, на яку не навішують раму</p> |  |

| Найменування | Зображення |
|--|------------|
| 13. Арматурні вироби | |
| 13.1. Звичайна арматура | |
| 13.1.1. Арматурний стрижень: | |
| а) вигляд збоку | |
| б) переріз | |
| 13.1.2. Арматурний стрижень з вигнутим кінцем: | |
| а) з гачком | |
| б) з відгинням під прямим кутом | |
| 13.1.3. Алюмінієвий кінець або пластина | |
| вигляд з торця | |
| 13.1.4. Арматурний стрижень з відгинням під прямим кутом, направленим від читача | |
| Те саме, в документції, що призначена для | |
| мікрофільмування і там, де стрижні розміщені один до | |
| одного дуже близько | |
| 13.1.5. Арматурний стрижень з відгинням під прямим | |
| кутом, направленим до читача | |
| 13.2. Попередньо напружена арматура | |
| 13.2.1. Попередньо напружений стрижень або трос: | |
| а) вигляд збоку | |
| б) переріз | |
| 13.2.2. Поперечний переріз арматури з наступним | |
| напругуванням, що розміщена в трубі або каналі | |
| 13.2.3. Алюмінієвий кінець напруженого кілця | |
| 13.2.4. Замуроване вигнутування | |
| вигляд з торця | |
| 13.2.5. З'єднання з'єднання | |
| 13.2.6. Фіксоване з'єднання | |
| Примітка. | |
| Допускається попередньо напружену арматуру | |
| показати суцільною дуже товстою лінією | |
| 13.3. Арматурні з'єднання | |
| 13.3.1. Один плоский каркас або сітка | |
| а) усюди | |
| б) спрощено (поперечні стрижні заходять на кінці | |
| каркасу або в місцях зміни кроку стрижня) | |
| 13.3.2. Дві плоскі однакові каркаси або сітки | |
| Примітка. | |
| Арматурні і закладні вироби зображують дуже | |
| товстою суцільною лінією | |

| Найменування | Зображення |
|---|------------|
| <p>14. Уздовж та зрізні деталі елементів дерев'яних конструкцій</p> <p>14.1. На циліндрах</p> <p>14.2. На скобах</p> <p>14.3. На кінцях</p> <p>14.4. Уздовж по напрямку:</p> <p>а) пластинчатих</p> <p>б) круглих</p> | |
| <p>14.5. Уздовж по шпильках</p> <p>Примітка.</p> <p>1. Уздовжні зрізні деталі виконують згідно з ГОСТ 2315</p> <p>2. Умовні зображення і позначення цих деталей відносять виключно згідно з ГОСТ 2312</p> | |

| Найменування | Зображення в масштабах | |
|---|--|---|
| | 1:50 і 1:100 | 1:200 |
| 15. Канали димові і вентиляційні | | |
| 15.1. Вентиляційні шахти і канали |  | |
| 15.2. Димові труби (тверде паливо) |  | |
| 15.3. Димові труби (рідке паливо) |  |  |
| 15.4. Газовідвідні труби |  | |

Додаток 1.6 (рекомендований)

Графічні зображення матеріалів у розрізах і видах

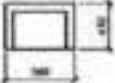


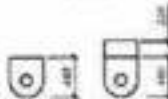
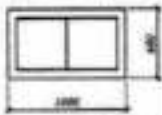


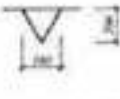
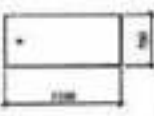
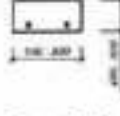



| Матеріал | Зображення | Матеріал | Зображення |
|---|------------|--|------------|
| Матеріали і тверді сплави | | Скляні | |
| Неметалеві матеріали, в тому числі поліаміди, мовні та пластичні (пресовані), за винятком валяних тканин: | | Скло та інші світлопрозорі матеріали | |
| деревина уздовж волокон | | Рідина | |
| деревина уперек волокон | | ґрунт природний | |
| каміння природний | | Заступа з будь-якого матеріалу, вигукатурки, азбестомент, гіпс | |
| кераміка та скляні матеріали для кладки | | Піроізоляційний матеріал | |
| бетон | | Зауно- та віброізоляційний матеріал | |
| залізобетон | | Термоізоляційний матеріал | |
| залізобетон опосередково напружений | | | |

Графічні зображення матеріалів на виді (фасаді)

| Матеріал | Зображення | Матеріал | Зображення |
|-----------------|------------|--|------------|
| Метали | | Кладка з цегли, кераміки, агучоких і природніх каменів | |
| Сталь рифлена | | Скло | |
| Сталь просічена | | | |

Додаток І.7 (рекомендований)

Умовні графічні зображення елементів санітарно-технічних пристроїв

| № п/п | Обладнання | Зображення на плані | № п/п | Обладнання | Зображення на плані |
|-------|----------------------------------|--|-------|------------------|--|
| 1. | Раківина |  | 8. | Вань |  |
| 2. | Мийка кухонна на одне відділення |  | 9. | Уніти |  |
| 3. | Мийка кухонна на два відділення |  | 10. | Бачок зливний |  |
| 4. | Умивальник |  | 11. | Пісуар настінний |  |
| 5. | Ванна змивальна |  | 12. | Плита газові |  |
| 6. | Ванна сидіння |  | 13. | Газовий котел |  |
| 7. | Піддон душовий |  | | | |

Додаток 2.1 (довідковий)
Напрямі та швидкість вітру для міст України

| Місто України | Повторність напрямів вітру (чисельник), %, середня швидкість вітру за напрямками (знаменник), м/с | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | схід | | | | | | | | захід | | | | | | | |
| | Пн | ПнС | С | ПдС | Пд | ПдЗ | З | ПдЗ | Пн | ПнС | С | ПдС | Пд | ПдЗ | З | ПдЗ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Вінниця | 12 | 13 | 7 | 11 | 15 | 14 | 14 | 23 | 11 | 5 | 6 | 8 | 8 | 14 | 25 | |
| | 3,7 | 3,4 | 2,6 | 3,6 | 3,6 | 3,3 | 4,5 | 4,7 | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 2,9 | 3,1 | 2,8 | 3,2 | 3,3 |
| | 11 | 10 | 9 | 11 | 16 | 12 | 16 | 15 | 12 | 9 | 6 | 8 | 8 | 7 | 18 | 22 |
| Житомир | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 3,8 | 4,1 | 3,4 | 4,2 | 5,1 | 3,1 | 2,7 | 2,4 | 2,8 | 3,1 | 2,4 | 2,9 | 3,5 |
| | 9 | 13 | 10 | 13 | 15 | 13 | 9 | 16 | 12 | 9 | 6 | 5 | 9 | 8 | 15 | 11 |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Дніпропетровська Кривий Ріг | 15 | 16 | 15 | 11 | 9 | 12 | 12 | 11 | 22 | 15 | 7 | 5 | 4 | 9 | 15 | 23 |
| | 6,2 | 6 | 5,9 | 5,8 | 5,5 | 6,1 | 5,9 | 5,9 | 4,9 | 4,3 | 3,9 | 4,4 | 3,9 | 4 | 4,4 | 4,5 |
| | 9 | 20 | 18 | 13 | 8 | 11 | 11 | 10 | 19 | 16 | 11 | 6 | 5 | 13 | 13 | 17 |
| Донецьк | 4,8 | 4,9 | 4,4 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 3,9 | 3,5 | 2,8 | 2,5 | 2,8 | 2,2 | 3,1 | 3,8 |
| | 7 | 13 | 16 | 26 | 5 | 12 | 12 | 8 | 14 | 15 | 13 | 10 | 5 | 12 | 15 | 16 |
| | 5,6 | 5,1 | 6 | 6,2 | 5,4 | 6,3 | 5,8 | 4,7 | 4,9 | 4,4 | 3,4 | 3,7 | 3,6 | 4,3 | 4,4 | 4,7 |
| Амвросієвка | 8 | 17 | 25 | 10 | 9 | 11 | 11 | 9 | 15 | 12 | 13 | 5 | 7 | 12 | 14 | 12 |
| | 4,6 | 5 | 5,7 | 4,5 | 4,1 | 6,2 | 6,9 | 5,1 | 3,6 | 3,9 | 3,4 | 2,4 | 3,3 | 4,3 | 4,8 | 4,2 |
| | 9 | 23 | 24 | 7 | 4 | 12 | 12 | 12 | 11 | 8 | 6 | 10 | 15 | 12 | 12 | 22 |
| Маріуполь | 4,3 | 5,2 | 6,1 | 3,8 | 4 | 4,8 | 4,7 | 4,5 | 4,2 | 4,1 | 4,4 | 3,2 | 4,4 | 4,4 | 4,2 | 3,6 |
| | 8 | 12 | 6 | 13 | 14 | 15 | 18 | 14 | 13 | 9 | 5 | 6 | 7 | 11 | 24 | 25 |
| | 2,9 | 2,8 | 3,2 | 4,1 | 4,3 | 4,5 | 5,4 | 4,6 | 2,9 | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,1 | 3,3 |
| Житомир Коропуть | 7 | 8 | 8 | 12 | 15 | 15 | 21 | 14 | 14 | 7 | 6 | 7 | 7 | 8 | 26 | 25 |
| | 3,2 | 2,7 | 2,6 | 3,8 | 4,8 | 5,1 | 5,8 | 4,8 | 2,5 | 2,2 | 2,2 | 2,6 | 2,6 | 3,1 | 3,1 | 3,3 |
| | 5 | 8 | 12 | 14 | 15 | 11 | 22 | 13 | 9 | 9 | 8 | 10 | 7 | 9 | 24 | 24 |
| Нікоград-Волочиський | 2,7 | 2,6 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,9 | 4,6 | 4,2 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 3,3 | 3,6 |
| | 10 | 10 | 14 | 30 | 8 | 2 | 4 | 12 | 14 | 18 | 11 | 13 | 9 | 6 | 7 | 20 |
| | 4,2 | 4,0 | 3,1 | 3,6 | 2,9 | 2,4 | 2,0 | 4,0 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 2,6 | 2,8 | 3,4 |
| Закарпаття Ужгород Берегове | 13 | 9 | 6 | 22 | 18 | 6 | 4 | 11 | 13 | 14 | 8 | 13 | 13 | 16 | 9 | 18 |
| | 3,8 | 3,2 | 2,2 | 2,9 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,8 | 3,0 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,8 | 2,7 | 3,3 |
| | 4 | 18 | 16 | 9 | 3 | 6 | 18 | 5 | 7 | 22 | 20 | 9 | 5 | 16 | 19 | 8 |
| Хуст | 1,3 | 1,9 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 3,0 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 1,9 |
| | 13 | 17 | 14 | 12 | 13 | 13 | 10 | 8 | 22 | 19 | 8 | 5 | 9 | 10 | 10 | 17 |
| | 4,1 | 4,8 | 5,4 | 5,0 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 4,0 | 3,6 | 3,5 | 3,5 | 3,3 | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 3,8 |
| Мелітополь | 11 | 20 | 24 | 10 | 6 | 9 | 12 | 8 | 20 | 16 | 9 | 7 | 10 | 9 | 13 | 16 |
| | 4,3 | 4,6 | 5,1 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,5 | 4,1 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | 3,0 | 2,8 | 3,3 | 3,6 | 3,4 |
| | 5 | 1 | 8 | 22 | 4 | 2 | 25 | 21 | 9 | 2 | 5 | 13 | 3 | 7 | 18 | 13 |
| Івано-Франківськ | 3,2 | 1,3 | 3,0 | 3,9 | 1,9 | 3,5 | 5,2 | 5,8 | 2,7 | 2,1 | 2,4 | 2,8 | 2,0 | 2,5 | 3,7 | 4,1 |
| | 11 | 10 | 11 | 12 | 9 | 11 | 20 | 16 | 18 | 12 | 8 | 7 | 5 | 8 | 18 | 24 |
| | 3,7 | 3,0 | 2,5 | 3,3 | 3,1 | 3,8 | 4,3 | 4,1 | 3,3 | 2,7 | 2,0 | 2,5 | 2,9 | 3,0 | 3,3 | 3,3 |
| Кіровоград | 14 | 10 | 8 | 16 | 12 | 12 | 14 | 14 | 21 | 12 | 2 | 5 | 6 | 7 | 15 | 22 |
| | 4,8 | 4,8 | 4,2 | 4,8 | 5,4 | 5,1 | 5,9 | 5,5 | 4,3 | 3,7 | 3,3 | 3,0 | 3,9 | 4,9 | 4,1 | 4,2 |
| | 10 | 38 | 7 | 2 | 12 | 12 | 16 | 9 | 10 | 17 | 9 | 2 | 9 | 22 | 18 | 13 |
| Кривий Ріг | 4,2 | 7,1 | 6,3 | 2,3 | 6,9 | 6,3 | 4,8 | 3,7 | 4,0 | 4,0 | 3,4 | 2,6 | 4,0 | 4,2 | 4,9 | 4,1 |
| | 13 | 18 | 12 | 4 | 14 | 8 | 9 | 22 | 21 | 11 | 3 | 6 | 11 | 8 | 16 | 23 |
| | 6,3 | 7,4 | 6,2 | 3,3 | 7,5 | 5,8 | 4,7 | 5,4 | 5,7 | 6,5 | 4,5 | 3,8 | 5,3 | 5,0 | 4,1 | 4,2 |
| Севастополь | 13 | 20 | 16 | 8 | 22 | 7 | 5 | 5 | 6 | 16 | 22 | 2 | 9 | 7 | 20 | 18 |
| | 5,7 | 6,1 | 2,3 | 4,6 | 6,4 | 6,3 | 6,9 | 8,5 | 6,1 | 4,8 | 2,3 | 2,0 | 5,7 | 5,3 | 4,4 | 6,1 |
| | 5 | 23 | 11 | 17 | 12 | 19 | 7 | 6 | 6 | 12 | 17 | 20 | 6 | 14 | 17 | 8 |
| Сімферополь | 3,4 | 5,8 | 3,9 | 3,2 | 5,2 | 6,0 | 5,8 | 3,8 | 4,1 | 4,6 | 3,0 | 2,8 | 3,1 | 4,6 | 5,1 | 4,4 |
| | 60 | 2 | 1 | 2 | 10 | 19 | 2 | 12 | 20 | 6 | 1 | 1 | 22 | 10 | 2 | 8 |
| | 6,7 | 4,0 | 2,4 | 2,1 | 4,1 | 4,5 | 2,5 | 4,4 | 4,3 | 5,4 | 3,8 | 1,5 | 3,1 | 3,4 | 1,8 | 4,1 |
| Феодосія | 11 | 6 | 4 | 6 | 11 | 10 | 11 | 11 | 9 | 12 | 5 | 8 | 9 | 8 | 22 | 26 |
| | 4,3 | 5,8 | 5,2 | 4,6 | 5,8 | 6,5 | 5,6 | 6,0 | 6,8 | 4,8 | 3,4 | 3,6 | 4,5 | 4,6 | 5,0 | 5,0 |
| | 31 | 6 | 18 | 3 | 4 | 7 | 6 | 25 | 22 | 5 | 14 | 10 | 14 | 2 | 4 | 22 |
| Ялта | 3,9 | 3,2 | 4,4 | 2,3 | 3,7 | 4,3 | 2,6 | 3,6 | 2,4 | 2,8 | 3,6 | 2,2 | 3,1 | 2,3 | 2,3 | 3,1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Луганське | 5 | 10 | 22 | 15 | 5 | 12 | 17 | 9 | 10 | 11 | 13 | 7 | 4 | 11 | 23 | 19 |
| | 3,7 | 4,0 | 5,4 | 5,2 | 6,3 | 6,8 | 5,3 | 4,2 | 4,0 | 4,1 | 3,6 | 3,7 | 4,0 | 4,4 | 4,0 | 4,4 |
| Львів | 4 | 4 | 8 | 13 | 18 | 14 | 22 | 10 | 7 | 6 | 7 | 2 | 10 | 12 | 20 | 21 |
| | 3,8 | 3,7 | 3,8 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 6,3 | 5,9 | 3,4 | 2,9 | 3,6 | 3,0 | 2,7 | 3,4 | 4,1 | 4,0 |
| Львів Дзержинськ | 4 | 6 | 9 | 16 | 12 | 18 | 23 | 12 | 7 | 4 | 4 | 7 | 9 | 14 | 31 | 20 |
| | 3,2 | 4,1 | 5,0 | 4,8 | 4,1 | 6,0 | 6,4 | 5,4 | 3,4 | 3,3 | 2,4 | 3,1 | 3,2 | 3,6 | 4,5 | 4,3 |
| Дзержинськ | 4 | 7 | 13 | 17 | 7 | 21 | 17 | 14 | 7 | 6 | 6 | 9 | 8 | 14 | 26 | 24 |
| | 3,1 | 2,9 | 2,9 | 3,1 | 3,5 | 6,2 | 5,0 | 4,6 | 2,9 | 2,2 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 4,3 | 4,3 | 4,2 |
| Миколаїв | 12 | 21 | 12 | 11 | 10 | 10 | 8 | 13 | 23 | 18 | 4 | 2 | 6 | 14 | 9 | 22 |
| | 5,2 | 5,4 | 4,6 | 4,7 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 4,5 | 4,1 | 3,2 | 2,7 | 2,6 | 4,6 | 4,0 | 3,2 | 4,0 |
| Перемиська | 16 | 11 | 12 | 17 | 8 | 7 | 11 | 17 | 25 | 11 | 8 | 6 | 6 | 6 | 13 | 25 |
| | 5,0 | 4,9 | 4,3 | 4,2 | 3,8 | 2,9 | 4,3 | 4,3 | 4,1 | 3,7 | 3,1 | 2,9 | 3,8 | 3,3 | 3,6 | 4,1 |
| Одеса | 19 | 15 | 11 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 22 | 8 | 2 | 6 | 15 | 12 | 17 | 22 |
| | 6,2 | 8,5 | 8,0 | 5,0 | 4,8 | 4,6 | 4,5 | 5,1 | 4,9 | 4,2 | 2,8 | 2,9 | 3,9 | 3,3 | 3,6 | 4,3 |
| Івано-Франківськ | 22 | 16 | 6 | 10 | 9 | 7 | 11 | 18 | 20 | 7 | 6 | 16 | 11 | 8 | 11 | 21 |
| | 6,2 | 5,9 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 4,2 | 4,1 | 5,7 | 4,3 | 3,5 | 3,4 | 3,8 | 3,4 | 3,6 | 4,0 | 3,2 |
| Полтава | 8 | 13 | 14 | 14 | 11 | 16 | 14 | 10 | 15 | 15 | 11 | 2 | 6 | 9 | 17 | 20 |
| | 4,8 | 5,1 | 5 | 5 | 5,3 | 5,6 | 6,2 | 5,8 | 4,6 | 4,4 | 3,3 | 3,3 | 3,2 | 3,8 | 4,5 | 5,1 |
| Рівне | 7 | 5 | 8 | 13 | 14 | 14 | 27 | 12 | 19 | 7 | 5 | 8 | 7 | 11 | 29 | 32 |
| | 4,9 | 3,9 | 4,5 | 5,4 | 5,1 | 6,1 | 7,5 | 6,5 | 4,0 | 3,3 | 2,8 | 3,2 | 3,4 | 3,7 | 4,6 | 4,9 |
| Сарні | 10 | 5 | 9 | 14 | 17 | 16 | 18 | 11 | 11 | 5 | 6 | 3 | 11 | 14 | 23 | 21 |
| | 3,2 | 2,5 | 3,3 | 4,3 | 4,0 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 3,1 |
| Суми | 7 | 9 | 10 | 19 | 13 | 16 | 14 | 12 | 13 | 13 | 6 | 8 | 9 | 9 | 17 | 25 |
| | 4,5 | 3,8 | 3,8 | 5,0 | 5,1 | 5,9 | 5,9 | 4,8 | 3,7 | 3,3 | 3,3 | 2,8 | 3,7 | 3,5 | 4,5 | 4,3 |
| Костопіль | 7 | 8 | 15 | 15 | 14 | 16 | 15 | 10 | 15 | 10 | 7 | 7 | 9 | 17 | 25 | |
| | 4,3 | 3,8 | 3,8 | 5,0 | 5,2 | 5,0 | 4,7 | 4,9 | 3,5 | 3,2 | 3,0 | 3,3 | 3,2 | 3,4 | 3,5 | |
| Тернопіль | 7 | 5 | 10 | 19 | 14 | 8 | 18 | 19 | 11 | 6 | 7 | 9 | 6 | 8 | 22 | 11 |
| | 2,6 | 2,7 | 3,6 | 4,2 | 3,1 | 4,1 | 4,4 | 5,1 | 2,7 | 2,0 | 2,1 | 2,6 | 2,5 | 2,8 | 3,7 | 3,5 |
| Харків | 9 | 12 | 16 | 17 | 10 | 12 | 13 | 11 | 17 | 14 | 12 | 9 | 4 | 9 | 14 | 21 |
| | 4,9 | 5,2 | 5,0 | 4,6 | 4,1 | 4,4 | 4,7 | 4,8 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 3,2 | 3,0 | 3,7 | 4,4 | 4,3 |
| Ізюм | 6 | 11 | 17 | 13 | 10 | 19 | 15 | 9 | 11 | 12 | 7 | 8 | 6 | 16 | 16 | 22 |
| | 2,9 | 4,4 | 3,9 | 2,4 | 4,2 | 4,0 | 3,6 | 3,7 | 2,9 | 3,1 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,6 | 2,7 | 2,9 |
| Херсон | 16 | 23 | 17 | 12 | 7 | 7 | 8 | 10 | 22 | 14 | 9 | 5 | 7 | 18 | 10 | 15 |
| | 5,4 | 6,2 | 5,9 | 4,1 | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,8 | 4,1 | 4,0 | 3,6 | 3,2 | 2,2 | 3,3 | 3,5 | 4,1 |
| Генічеська | 11 | 19 | 23 | 7 | 7 | 8 | 14 | 11 | 16 | 12 | 11 | 14 | 4 | 10 | 17 | 16 |
| | 4,5 | 5,6 | 6,6 | 3,6 | 3,6 | 3,2 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 4,6 | 3,8 | 4,3 | 4,5 | 4,2 | 4,1 | 5,1 |
| Хмельницький | 2 | 2 | 7 | 21 | 14 | 10 | 18 | 20 | 8 | 6 | 6 | 10 | 6 | 9 | 23 | 32 |
| | 4,3 | 4,0 | 4,3 | 4,9 | 4,2 | 4,7 | 5,3 | 3,7 | 3,4 | 3,1 | 3,3 | 3,7 | 3,8 | 3,3 | 3,7 | 3,1 |
| Кам'янець-Подільський | 9 | 2 | 10 | 35 | 6 | 2 | 7 | 26 | 18 | 2 | 4 | 12 | 6 | 2 | 11 | 20 |
| | 4,1 | 2,0 | 3,4 | 4,1 | 3,0 | 2,4 | 5,2 | 5,4 | 3,3 | 1,7 | 2,3 | 2,8 | 3,1 | 2,2 | 4,0 | 3,8 |
| Черкаси | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | 5,9 | 3,3 | 4,5 | 4,0 | 4,4 | 4,8 | 5,8 | 6,0 | 4,4 | 3,3 | 2,8 | 2,1 | 3,5 | 3,2 | 4,6 | 4,6 |
| Ужгород | 11 | 10 | 8 | 16 | 11 | 12 | 12 | 20 | 18 | 10 | 6 | 5 | 6 | 7 | 13 | 25 |
| | 4,4 | 3,9 | 3,0 | 3,5 | 3,3 | 3,8 | 4,8 | 5,8 | 3,5 | 2,8 | 2,6 | 2,2 | 2,8 | 2,9 | 3,6 | 4,0 |
| Чернівці | 3 | 2 | 19 | 20 | 4 | 6 | 10 | 36 | 6 | 2 | 8 | 11 | 4 | 7 | 18 | 51 |
| | 2,0 | 2,3 | 3,7 | 4,3 | 1,9 | 2,5 | 4,5 | 5,4 | 2,9 | 2,0 | 3,0 | 3,4 | 2,0 | 2,1 | 3,7 | 4,2 |
| Чернівці | 10 | 10 | 11 | 12 | 14 | 14 | 16 | 13 | 18 | 9 | 10 | 7 | 7 | 8 | 17 | 24 |
| | 4,0 | 3,0 | 3,3 | 4,4 | 4,6 | 4,1 | 4,2 | 4,5 | 3,5 | 3,0 | 2,9 | 3,0 | 2,9 | 3,3 | 3,7 | 3,8 |
| Притуки | 8 | 12 | 10 | 17 | 14 | 13 | 12 | 14 | 14 | 11 | 9 | 8 | 5 | 7 | 16 | 30 |
| | 3,8 | 4,0 | 4,4 | 5,2 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 4,9 | 4,0 | 3,4 | 3,1 | 3,1 | 3,5 | 3,5 | 4,4 | 4,2 |

Додаток 2.2 (довідковий)

Кліматичні параметри холодного періоду року для міст України [40, 51]

| Населений пункт | | Температура повітря, °С, найбільш холодних | | | | Температура повітря, °С, найбільш холодного місяця | | Період з середньою або нижчою температурою повітря | | | | | | Кількість опадів за аналогічний період, мм | Періодологічний період вітру за грудень-липень | Мінімальна температура повітря по роках за період спостережень, °С |
|-----------------|------------------|--|------|-----------|------|--|-----|--|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|--|--|--|
| | | Діб | | п'яти діб | | | | ≤ 0°С | | ≤ 3°С | | ≤ 10°С | | | | |
| | | таблицею | | | | | | Тривалість, діб | Середня температура, °С | Тривалість, діб | Середня температура, °С | Тривалість, діб | Середня температура, °С | | | |
| № | Найменування | 0,98 | 0,92 | 0,98 | 0,92 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1 | Вінниця | -29 | -26 | -25 | -21 | -6 | 360 | 107 | -3,7 | 180 | -0,7 | 198 | 0,2 | 76 | Па | 4,7 |
| 2 | Дніпропетровськ | -29 | -27 | -26 | -24 | -5,4 | 380 | 100 | -3,7 | 172 | -0,6 | 187 | 0,2 | 86 | С | 5,5 |
| 2.1 | Кривий Ріг | -21 | -18 | -18 | -17 | - | - | 95 | -3,3 | 170 | -0,2 | 186 | 0,6 | 77 | С | 6,2 |
| 2.2 | Комісарівка | -27 | -25 | -22 | -20 | - | - | 160 | -3,7 | 175 | -0,6 | 191 | 0,2 | 74 | ПнС | - |
| 3 | Донецьк | -28 | -26 | -24 | -22 | -6,6 | 380 | 105 | -4,1 | 176 | -0,9 | 190 | -0,2 | 79 | ПнС | 6,2 |
| 4 | Житомир | -29 | -25 | -24 | -22 | -5,7 | 400 | 109 | -3,9 | 182 | -0,8 | 201 | 0,1 | 69 | З | 5,4 |
| 4.1 | Одруч | -28 | -25 | -23 | -21 | - | - | 111 | -4,0 | 185 | -0,9 | 202 | 0,0 | 78 | З | - |
| 5 | Запоріжжя | -27 | -24 | -23 | -21 | -4,9 | 460 | 86 | -2,9 | 166 | 0,3 | 181 | 1,0 | 103 | ПнС | 4,8 |
| 5.1 | Кирілівка | -28 | -25 | -23 | -22 | - | - | 99 | -3,5 | 174 | -0,4 | 191 | 0,4 | 98 | С | - |
| 6 | Івано-Франківськ | -26 | -24 | -22 | -20 | -5,1 | 360 | 96 | -3,3 | 178 | 0,0 | 198 | 0,9 | 76 | ПнС | 5,8 |
| 7 | Київ | -29 | -26 | -25 | -22 | -5,9 | 280 | 103 | -3,7 | 176 | -0,6 | 193 | 0,3 | 95 | З | 4,3 |
| 8 | Кіровоград | -30 | -26 | -25 | -22 | -5,6 | 400 | 102 | -3,8 | 175 | -0,7 | 191 | 0,1 | 68 | Па | 5,9 |
| 8.1 | Гайворон | -29 | -26 | -25 | -22 | - | - | 95 | -3,4 | 173 | -0,2 | 190 | 0,6 | 93 | ПнС | - |
| 8.2 | Знам'янка | -29 | -27 | -25 | -22 | - | - | 105 | -3,9 | 177 | -0,8 | 193 | 0,0 | 79 | Па | - |
| 9 | Луганськ | -32 | -29 | -27 | -25 | -6,6 | 370 | 100 | -4,1 | 172 | -0,8 | 188 | 0,0 | 73 | С | 6,8 |
| 10 | Львів | -27 | -24 | -22 | -20 | -4,9 | 400 | 99 | -3,3 | 179 | -0,1 | 199 | 0,8 | 70 | ПнС | 6,3 |
| 10.1 | Копичинь | -28 | -25 | -23 | -21 | - | - | 97 | -3,2 | 180 | 0,0 | 200 | 0,9 | 78 | З | - |
| 11 | Львів | -25 | -24 | -20 | -19 | -5 | 390 | 99 | -3,0 | 179 | 0,0 | 201 | 1,0 | 101 | ПнС | 5,8 |
| 12 | Миколаїв | -26 | -23 | -22 | -20 | -3,5 | 460 | 76 | -2,2 | 160 | 0,9 | 176 | 1,6 | 92 | ПнС | 5,4 |
| 13 | Одеса | -24 | -21 | -20 | -18 | -2,5 | 490 | 61 | -1,4 | 158 | 1,7 | 178 | 2,5 | 116 | Пн | 6,5 |
| 13.1 | Ізмаїл | -22 | -19 | -17 | -15 | - | - | 54 | -1,3 | 153 | 1,9 | 172 | 2,7 | 110 | Пн | 6,4 |
| 13.2 | Лобанівка | -24 | -21 | -21 | -19 | -5 | - | 93 | -3,3 | 171 | -0,2 | 187 | 0,6 | 85 | ПнС | - |
| 13.3 | Роздільна | -24 | -21 | -20 | -17 | - | - | 83 | -2,5 | 164 | 0,6 | 181 | 1,4 | 88 | ПнС | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------|---------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----------------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|
| 13.4 | Сарата | -26 | -23 | -22 | -20 | - | - | 64 | -1,5 | 157 | 1,6 | 177 | 2,4 | 91 | Па | - |
| 14 | Постова | -30 | -27 | -25 | -23 | -6,9 | 380 | 112 | -4,3 | 177 | -1,3 | 193 | -0,5 | 79 | С | 5,6 |
| 14.2 | Лубини | -29 | -26 | -25 | -23 | - | - | 112 | -4,2 | 179 | -1,2 | 195 | -0,4 | 91 | ПаС | - |
| 15 | Рівне | -27 | -25 | -22 | -21 | -5,4 | 400 | 105 | -3,5 | 181 | -0,5 | 200 | 0,4 | 65 | З | 7,3 |
| 15.2 | Сарни | -27 | -25 | -23 | -21 | - | - | 102 | -3,5 | 180 | -0,4 | 199 | 0,5 | 75 | Па | - |
| 16 | Сімферополь | -22 | -20 | -18 | -15 | -1 | 330 | 37 | -0,1 | 153 | 2,6 | 174 | 3,4 | 132 | ПаС | 7,4 |
| 16.6 | Фендешів | -22 | -19 | -17 | -15 | 0,6 | 380 | 0 | - | 140 | 3,4 | 162 | 4,1 | 128 | ПаЗ | 6,5 |
| 16.7 | Ялта | -10 | -8 | -7 | 4 | -1 | 640 | 0 | - | 119 | 5,1 | 149 | 5,9 | 283 | З | 4,4 |
| 17 | Суми | -30 | -29 | -27 | -25 | -7,9 | 360 | 121 | -5,0 | 185 | -1,9 | 201 | -1,1 | 71 | ПаС | 5,9 |
| 17.2 | Ромни | -29 | -26 | -25 | -23 | - | - | 118 | -4,8 | 184 | -1,7 | 200 | -0,8 | 79 | С | - |
| 18 | Тернопіль | -25 | -23 | -22 | -20 | -5,4 | 380 | 109 | -3,8 | 183 | -0,7 | 203 | 0,2 | 68 | ПаС | 5,1 |
| 19 | Ужгород | -25 | -23 | -21 | -18 | -3,1 | 450 | 63 | -2,0 | 154 | 1,5 | 176 | 2,4 | 154 | ПаС | 4,4 |
| 20 | Харків | -31 | -28 | -26 | -23 | -7,3 | 360 | 113 | -4,6 | 179 | -1,5 | 194 | -0,7 | 67 | С | 6,5 |
| 20.3 | Лозова | -30 | -27 | -26 | -22 | - | - | 108 | -4,3 | 176 | -1,3 | 192 | -0,4 | 83 | С | - |
| 21 | Херсон | -27 | -23 | -23 | -19 | -3,2 | 480 | 77 | -2,1 | 163 | 1,0 | 180 | 1,8 | 86 | С | 6,2 |
| 21.1 | Аспланів-Нова | -26 | -24 | -23 | -20 | - | - | 75 | -2,2 | 165 | 1,0 | 182 | 1,8 | 80 | С | 7,2 |
| 21.2 | Генгочеська | -27 | -24 | -23 | -19 | - | - | 70 | -1,7 | 161 | 1,4 | 178 | 2,1 | 90 | С | 6,6 |
| 22 | Хмельницький | -26 | -25 | -22 | -12 | -5,6 | 380 | 106 | -3,6 | 181 | -0,5 | 200 | 0,4 | 78 | ПаС | 5,7 |
| 23 | Черкаси | -29 | -26 | -25 | -22 | -5,8 | 400 | 117 | -3,7 | 191 | -0,6 | 211 | 0,3 | - | - | - |
| 23.1 | Золотоноша | -29 | -26 | -24 | -21 | - | - | 104 | -3,9 | 177 | -0,8 | 194 | 0,1 | 80 | ПаС | - |
| 23.2 | Умань | -29 | -25 | -23 | -20 | - | 380 | 104 | -3,7 | 178 | -0,6 | 195 | 0,2 | 87 | ПаЗ | 5,4 |
| 24 | Чернівці | -31 | 28 | -27 | -23 | -6,7 | 370 | $\frac{111}{5}$ | -4,5 | 185 | -1,4 | 202 | -0,5 | 75 | Па | 4,2 |
| 25 | Чернівці | -26 | -24 | -22 | -20 | -5 | 390 | 92 | -3,2 | 173 | 0,0 | 191 | 0,9 | 79 | ПаЗ | 6,2 |

Примітка. Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (виділені жирним шрифтом), то ці параметри треба приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів із різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності в таблиці даних для району будівництва їх слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього населеного пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними кліматоутворюючими умовами.

Додаток 2.3 (довідковий)

Кліматичні параметри теплового періоду року для міст України [40, 51]

| Населений пункт | | Географічна широта, Φ , ° півн. широти | Барометричний тиск, гПа | Температура повітря, °С | | | | Для найспекотнішого місяця | | | | | | | | Періодичний напрямок вітру | Добовий максимум опадів, мм | |
|-----------------|------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|--|----------------------|---|---------------------------------------|---|---------|--------------------------|---------|-----------------------|------|----------------------------|-----------------------------|---|
| № | Найменування | | | забезпеченість 0,95 | забезпеченість 0,99 | середня абсолютна найспекотнішого місяця | абсолютна максимумна | Максимальна абсолютна температура повітря, °С | Середня відносна вологість повітря, % | Інтенсивність сумарної сонячної радіації, Вт/м^2 , що відходить на | | горизонтальному поверхню | | вертикальній поверхню | | | | мінімальна з середньої інтенсивності вітру по рубіжам, м/с, при умовності яких сонячне 100% та більше |
| | | | | | | | | | | Максимумна | середня | Максимумна | середня | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | |
| 1 | Вінниця | 49 | 982,5 | 27 | 23 | 24,0 | 38 | - | 70 | 863 | 328 | 770 | 186 | 1,9 | ПівЗ | 112 | | |
| 2 | Дніпропетровськ | 48,5 | 999,1 | 31 | 27 | 27,4 | 40 | 19,2 | 60 | 864 | 328 | 767 | 185 | 2,4 | Пів | 82 | | |
| 2.1 | Кривий Ріг | 48 | - | 31 | 26 | 27,2 | 38 | - | 59 | 866 | 328 | 764 | 184 | 2,4 | Пів | 75 | | |
| 2.2 | Комісарівка | 48 | 1002,6 | 30 | 26 | 26,5 | 39 | - | - | 866 | 328 | 764 | 184 | 1,5 | Пів | 91 | | |
| 3 | Донецьк | 48 | 988,8 | 30 | 26 | 26,9 | 39 | - | 57 | 866 | 328 | 764 | 184 | 2,3 | ПівС | 125 | | |
| 4 | Житомир | 50,5 | 989,4 | 26 | 22 | 23,7 | 38 | - | 70 | 857 | 329 | 777 | 188 | 1,9 | - | 180 | | |
| 4.1 | Овруч | 51 | 995,7 | 26 | 21 | 23,8 | 38 | - | 70 | 856 | 329 | 778 | 190 | 0,9 | ПівЗ | 158 | | |
| 5 | Запоріжжя | 48 | 1009,1 | 31 | 27 | 28,1 | 40 | - | 56 | 866 | 328 | 764 | 184 | 1,9 | Пів | 120 | | |
| 5.1 | Кирішівка | 46,5 | 989,9 | 29 | 26 | 26,8 | 38 | - | - | 876 | 329 | 762 | 183 | 1,8 | Пів | 114 | | |
| 6 | Івано-Франківськ | 49 | 984,0 | 26 | 21 | 23,6 | 37 | - | 73 | 863 | 328 | 770 | 186 | 1,4 | З | 93 | | |
| 7 | Київ | 50,5 | 995,1 | 29 | 24 | 25,2 | 39 | 18,4 | 66 | 857 | 329 | 777 | 188 | 1,6 | Пів | 103 | | |
| 8 | Кіровоград | 48,5 | 996,0 | 29 | 25 | 25,9 | 39 | 22 | 63 | 864 | 328 | 767 | 185 | 2,8 | ПівЗ | 122 | | |
| 8.1 | Гайворон | 48,5 | - | 27 | 24 | 25,4 | 39 | - | - | 864 | 328 | 767 | 185 | 1,2 | ПівЗ | 95 | | |
| 8.2 | Знам'янка | 48,5 | 994,4 | 28 | 24 | 25,8 | 38 | - | - | 864 | 328 | 767 | 185 | 1,5 | Пів | 136 | | |
| 9 | Луганськ | 48,5 | 1009,6 | 30 | 26 | 27,8 | 41 | 22,1 | 55 | 864 | 328 | 767 | 185 | 1,4 | З | 80 | | |
| 10 | Луцьк | 51 | 991,9 | 26 | 22 | 23,6 | 36 | - | 72 | 856 | 329 | 778 | 190 | 1,7 | З | 114 | | |
| 10.1 | Копель | 51,5 | 995,1 | 27 | 23 | 23,7 | 37 | - | - | 854 | 329 | 780 | 192 | 1,9 | З | 122 | | |
| 11 | Львів | 50 | 977,4 | 26 | 22 | 22,9 | 37 | 10,3 | 74 | 856 | 329 | 775 | 187 | 2,0 | З | 92 | | |
| 12 | Миколаїв | 47 | 1011,1 | 31 | 26 | 28,5 | 39 | - | 60 | 873 | 328 | 763 | 183 | 2,1 | Пів | 144 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------|--------------------|------|--------|----|----|------|----|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 13 | Одеса | 46,5 | 1011,7 | 28 | 24 | 25,4 | 38 | 14,7 | 60 | 876 | 329 | 762 | 183 | 2,1 | Пн | 103 |
| 13.1 | Ізмаїл | 45,5 | 1013,4 | 27 | 24 | 25,8 | 38 | - | 62 | 883 | 329 | 760 | 182 | 2,3 | Пн | 76 |
| 13.2 | Любашівка | 48 | 994,8 | 29 | 24 | 25,9 | 37 | - | - | 866 | 328 | 764 | 184 | 2,1 | Пн | 102 |
| 13.3 | Роздільна | 47 | 999,9 | 30 | 26 | 27,0 | 37 | - | - | 873 | 328 | 763 | 183 | 1,8 | ПнЗ | 106 |
| 13.4 | Сарата | 46 | - | 31 | 27 | 27,7 | 41 | - | - | 880 | 329 | 762 | 182 | 1,5 | Пн | 100 |
| 14 | Полтава | 49,5 | 997,4 | 29 | 25 | 26,0 | 38 | 17,8 | 63 | 861 | 328 | 772 | 186 | 1,7 | З | 178 |
| 14.2 | Дубни | 50 | 997,7 | 27 | 24 | 25,7 | 38 | - | - | 856 | 329 | 775 | 187 | 1,5 | ПнЗ | 84 |
| 15 | Рівне | 50,5 | 988,4 | 26 | 22 | 23,5 | 37 | - | 72 | 857 | 329 | 777 | 188 | 2,2 | З | 66 |
| 15.2 | Сарни | 51,5 | 997,7 | 26 | 23 | 24,0 | 38 | - | 70 | 854 | 329 | 780 | 192 | 1,1 | З | 106 |
| 16 | Сімферополь | 45 | 992,2 | 29 | 26 | 27,6 | 39 | - | 62 | 887 | 330 | 759 | 181 | 2,1 | С | 122 |
| 16.6 | Феодосія | 45 | 1013,0 | 29 | 25 | 27,5 | 38 | - | 58 | 887 | 330 | 759 | 181 | 2,2 | ПнЗ | 109 |
| 16.7 | Ялта | 44,5 | 1007,5 | 31 | 26 | 27,3 | 37 | 16,9 | 56 | 891 | 331 | 757 | 180 | 1,9 | З | 189 |
| 17 | Суми | 51 | 995,5 | 27 | 23 | 25,1 | 40 | - | 70 | 856 | 329 | 778 | 190 | 2,0 | ПнЗ | 89 |
| 17.2 | Ромни | 51 | 996,2 | 27 | 23 | 24,9 | 39 | - | - | 856 | 329 | 778 | 190 | 1,8 | ПнЗ | 86 |
| 18 | Тернопіль | 49,5 | 976,6 | 25 | 21 | 23,0 | 37 | - | 73 | 861 | 328 | 772 | 186 | 1,2 | ПнЗ | 106 |
| 19 | Ужгород | 48,5 | 1002,1 | 27 | 24 | 25,9 | 39 | - | 66 | 864 | 328 | 767 | 185 | 1,0 | С | 75 |
| 20 | Харків | 50 | 998,3 | 29 | 25 | 26,4 | 39 | 22 | 62 | 859 | 328 | 775 | 187 | 1,4 | Пн | 83 |
| 20.3 | Лозова | 49 | 994,5 | 30 | 26 | 26,8 | 38 | - | - | 863 | 328 | 770 | 186 | 0,9 | ПнС | 75 |
| 21 | Херсон | 46,5 | 1011,1 | 30 | 26 | 28,0 | 39 | - | 59 | 876 | 329 | 762 | 183 | 2,1 | Пн | 86 |

Примітка. Якщо у таблиці для області наведені кліматичні параметри тільки для обласного центру (виділені жирним шрифтом), то ці параметри треба приймати для усієї області. Якщо для області наведено декілька пунктів з різними значеннями кліматичних параметрів, то у випадку відсутності в таблиці даних для району будівництва їх слід приймати рівними значенням кліматичних параметрів найближчого до нього населеного пункту, наведеного у таблиці та розташованого у місцевості з аналогічними кліматоутворюючими умовами.

Додаток 2.4 (довідковий)

Характеристичні значення вітрових, снігових і ожеледно-вітрових навантажень для міст України [14]

| Міста обласного підпорядкування | Вітрове навантаження, W_0 , Па | Снігове навантаження, S_0 , Па | Товщина стінки ожеледі, b , мм | Вітрове навантаження при ожеледі, W_B , Па |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Київ | 370 | 1550 | 19 | 160 |
| Севастополь | 460 | 770 | 13 | 250 |
| АР Крим | | | | |
| Сімферополь | 460 | 820 | 15 | 210 |
| Алушта | 450 | 860 | 15 | 160 |
| Джанкой | 480 | 850 | 16 | 200 |
| Свпаторія | 490 | 730 | 15 | 250 |
| Керч | 540 | 920 | 16 | 310 |
| Красноперекопськ | 510 | 780 | 16 | 260 |
| Саки | 480 | 760 | 15 | 230 |
| Армянськ | 510 | 780 | 16 | 260 |
| Феодосія | 500 | 1000 | 14 | 240 |
| Судак | 470 | 940 | 15 | 160 |
| Ялта | 470 | 830 | 13 | 180 |
| Вінницька область | | | | |
| Вінниця | 470 | 1360 | 17 | 220 |
| Жмеринка | 480 | 1360 | 19 | 240 |
| Могилів-Подільський | 470 | 1280 | 19 | 210 |
| Хмельник | 450 | 1390 | 18 | 210 |
| Волинська область | | | | |
| Луцьк | 480 | 1240 | 17 | 210 |
| Володимир-Волинський | 500 | 1200 | 17 | 160 |
| Ковель | 460 | 1200 | 13 | 160 |
| Нововолинськ | 500 | 1240 | 15 | 170 |
| Дніпропетровська область | | | | |
| Дніпропетровськ | 470 | 1340 | 19 | 260 |
| Вільногірськ | 440 | 1190 | 19 | 220 |
| Дніпродзержинськ | 470 | 1280 | 19 | 230 |
| Жовті Води | 440 | 1170 | 19 | 260 |
| Кривий Ріг | 440 | 1110 | 19 | 260 |
| Марганець | 460 | 1040 | 18 | 260 |
| Нікополь | 460 | 1020 | 17 | 260 |
| Новомосковськ | 470 | 1390 | 19 | 260 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|-----|------|----|-----|
| Орджонікідзе | 460 | 1030 | 18 | 260 |
| Павлоград | 480 | 1390 | 17 | 260 |
| Первомайськ | 500 | 1380 | 19 | 260 |
| Синельникове | 480 | 1350 | 19 | 260 |
| Тернівка | 490 | 1390 | 18 | 260 |
| Донецька область | | | | |
| Донецьк | 500 | 1500 | 22 | 260 |
| Авдіївка | 490 | 1450 | 22 | 230 |
| Артемівськ | 480 | 1380 | 22 | 210 |
| Горлівка | 500 | 1500 | 22 | 210 |
| Дебальцеве | 500 | 1440 | 26 | 210 |
| Дзержинськ | 500 | 1480 | 22 | 240 |
| Димитров | 480 | 1420 | 19 | 210 |
| Добропілля | 480 | 1410 | 19 | 210 |
| Докучаївськ | 500 | 1520 | 23 | 300 |
| Єнакієве | 500 | 1470 | 24 | 240 |
| Жданівка | 500 | 1160 | 19 | 250 |
| Маріуполь | 600 | 1380 | 28 | 350 |
| Кіровське | 500 | 1490 | 25 | 240 |
| Костянтинівна | 480 | 1400 | 21 | 210 |
| Краматорськ | 470 | 1400 | 21 | 210 |
| Красноармійськ | 480 | 1410 | 19 | 230 |
| Красний Лиман | 460 | 1390 | 21 | 210 |
| Макіївка | 500 | 1490 | 23 | 240 |
| Селідове | 490 | 1420 | 20 | 250 |
| Слав'янськ | 460 | 1400 | 21 | 210 |
| Сніжне | 490 | 1510 | 28 | 220 |
| Торез | 490 | 1520 | 27 | 220 |
| Вугледар | 500 | 1450 | 22 | 300 |
| Харцизьк | 500 | 1500 | 23 | 250 |
| Шахтарськ | 500 | 1500 | 25 | 240 |
| Яснувата | 500 | 1470 | 22 | 250 |
| Житомирська область | | | | |
| Житомир | 460 | 1460 | 16 | 200 |
| Бердичів | 460 | 1410 | 16 | 200 |
| Коростень | 480 | 1450 | 16 | 220 |
| Новоград-Волинський | 470 | 1380 | 22 | 220 |
| Закарпатська область | | | | |
| Ужгород | 370 | 1340 | 11 | 150 |
| Мукачеве | 370 | 1490 | 12 | 110 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-----|------|----|-----|
| Запорізька область | | | | |
| Запоріжжя | 460 | 1110 | 19 | 260 |
| Бердянськ | 520 | 1120 | 26 | 270 |
| Мелітополь | 520 | 1050 | 22 | 340 |
| Токмак | 490 | 1070 | 19 | 260 |
| Івано-Франківська область | | | | |
| Івано-Франківськ | 500 | 1410 | 21 | 170 |
| Болехів | 550 | 1520 | 17 | 170 |
| Калуш | 530 | 1440 | 19 | 180 |
| Коломия | 490 | 1400 | 22 | 160 |
| Яремча | 470 | 1530 | 19 | 180 |
| Київська область | | | | |
| Біла Церква | 390 | 1520 | 16 | 170 |
| Березань | 390 | 1580 | 19 | 190 |
| Бориспіль | 380 | 1570 | 19 | 160 |
| Бровари | 380 | 1580 | 19 | 160 |
| Васильків | 380 | 1530 | 16 | 160 |
| Ірпінь | 390 | 1560 | 19 | 160 |
| Переяслав-Хмельницький | 390 | 1560 | 18 | 200 |
| Прип'ять | 450 | 1590 | 19 | 190 |
| Фастів | 380 | 1510 | 16 | 190 |
| Житомир | 390 | 1540 | 18 | 190 |
| Славутин | 430 | 1600 | 18 | 190 |
| Кіровоградська область | | | | |
| Кіровоград | 410 | 1230 | 22 | 210 |
| Олександрія | 430 | 1250 | 21 | 240 |
| Знам'янка | 420 | 1320 | 22 | 210 |
| Світловодськ | 430 | 1310 | 18 | 210 |
| Луганська область | | | | |
| Луганськ | 460 | 1350 | 28 | 230 |
| Антрацит | 490 | 1460 | 30 | 240 |
| Брянка | 480 | 1410 | 25 | 230 |
| Кіровськ | 480 | 1400 | 23 | 220 |
| Алчевськ | 480 | 1410 | 22 | 230 |
| Краснодон | 470 | 1410 | 29 | 230 |
| Красний Луч | 490 | 1470 | 29 | 230 |
| Лисичанськ | 460 | 1370 | 21 | 210 |
| Первомайськ | 480 | 1400 | 23 | 220 |
| Роженьки | 480 | 1450 | 31 | 260 |
| Рубіжне | 450 | 1370 | 21 | 180 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|-----|------|----|-----|
| Свердловськ | 480 | 1450 | 32 | 270 |
| Сєверодонецьк | 460 | 1370 | 22 | 210 |
| Стаханов | 480 | 1400 | 24 | 220 |
| Львівська область | | | | |
| Львів | 520 | 1310 | 15 | 240 |
| Борислав | 540 | 1500 | 16 | 180 |
| Дрогобич | 560 | 1440 | 16 | 190 |
| Самбір | 530 | 1400 | 16 | 190 |
| Стрий | 550 | 1420 | 16 | 180 |
| Трускавець | 550 | 1490 | 16 | 180 |
| Червоноград | 510 | 1260 | 16 | 230 |
| Миколаївська область | | | | |
| Миколаїв | 470 | 870 | 22 | 260 |
| Вознесенськ | 450 | 990 | 22 | 270 |
| Очаків | 490 | 830 | 22 | 260 |
| Первомайськ | 410 | 1200 | 22 | 260 |
| Южноукраїнськ | 430 | 1090 | 22 | 260 |
| Одеська область | | | | |
| Одеса | 460 | 880 | 28 | 330 |
| Білгород-Дністровський | 470 | 890 | 27 | 330 |
| Ізмаїл | 500 | 1100 | 23 | 310 |
| Іллічівськ | 480 | 880 | 28 | 330 |
| Котовськ | 450 | 1170 | 23 | 270 |
| Юний | 490 | 870 | 24 | 310 |
| Полтавська область | | | | |
| Полтава | 470 | 1450 | 19 | 250 |
| Комсомольськ | 430 | 1280 | 18 | 240 |
| Кременчук | 430 | 1300 | 18 | 230 |
| Лубни | 410 | 1600 | 16 | 250 |
| Миргород | 420 | 1540 | 17 | 240 |
| Рівненська область | | | | |
| Рівне | 520 | 1320 | 18 | 240 |
| Дубно | 530 | 1270 | 17 | 250 |
| Кузнецовськ | 460 | 1260 | 13 | 200 |
| Острог | 520 | 1320 | 17 | 250 |
| Сумська область | | | | |
| Суми | 420 | 1670 | 16 | 250 |
| Охтирка | 450 | 1600 | 17 | 240 |
| Глухів | 390 | 1770 | 17 | 230 |
| Конотоп | 360 | 1740 | 15 | 220 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-----|------|----|-----|
| Лебедин | 430 | 1640 | 18 | 220 |
| Ромни | 380 | 1730 | 19 | 230 |
| Шостка | 390 | 1790 | 16 | 220 |
| Тернопільська область | | | | |
| Тернопіль | 520 | 1390 | 17 | 230 |
| Харківська область | | | | |
| Харків | 430 | 1600 | 14 | 230 |
| Ізюм | 430 | 1460 | 19 | 210 |
| Куп'янськ | 450 | 1460 | 19 | 210 |
| Лозова | 480 | 1490 | 19 | 230 |
| Люботин | 450 | 1570 | 15 | 250 |
| Первомайський | 450 | 1510 | 18 | 230 |
| Чугуїв | 430 | 1600 | 15 | 220 |
| Херсонська область | | | | |
| Херсон | 480 | 760 | 19 | 290 |
| Каховка | 460 | 840 | 19 | 320 |
| Нова Каховка | 450 | 820 | 19 | 320 |
| Хмельницька область | | | | |
| Хмельницький | 500 | 1340 | 19 | 230 |
| Кам'янець-Подільський | 460 | 1270 | 19 | 210 |
| Нетішин | 520 | 1330 | 18 | 210 |
| Славута | 510 | 1350 | 18 | 210 |
| Шепетівка | 500 | 1370 | 19 | 210 |
| Черкаська область | | | | |
| Черкаси | 420 | 1520 | 18 | 220 |
| Ватутіне | 410 | 1420 | 19 | 210 |
| Канів | 410 | 1540 | 15 | 210 |
| Золотоноша | 410 | 1560 | 18 | 210 |
| Сміла | 420 | 1480 | 18 | 210 |
| Умань | 440 | 1440 | 19 | 210 |
| Чернівецька область | | | | |
| Чернівці | 500 | 1320 | 22 | 210 |
| Чернігівська область | | | | |
| Чернігів | 410 | 1720 | 16 | 160 |
| Ніжин | 370 | 1690 | 15 | 180 |
| Прилуки | 370 | 1640 | 19 | 210 |

Додаток 2. 5 (обов'язковий)

Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів [15]

| № п/п | Назва матеріалу | Густина ρ_p у сухому стані γ_0 , кг/м ³ | Розрахункові характеристики в умовах експлуатації | | | | |
|----------------------------------|---|--|---|-------|---|------|---|
| | | | Теплопровідність $\lambda_{пр}$, Вт/(м·К) | | Коефіцієнт теплозасвоєння ϵ , Вт/(м ² ·К) | | Коефіцієнт паропроникності μ , г/(м·год·Па) |
| | | | А | Б | А | Б | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ | | | | | | | |
| 1.1. Волокнисті матеріали | | | | | | | |
| 1. | Плити з мінераловатної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури | 75 | 0,055 | 0,062 | 0,55 | 0,61 | 0,55 |
| | | 125 | 0,060 | 0,070 | 0,73 | 0,82 | 0,49 |
| | | 150 | 0,055 | 0,066 | 0,75 | 0,87 | 0,45 |
| | | 175 | 0,058 | 0,072 | 0,83 | 0,98 | 0,41 |
| | | 200 | 0,064 | 0,081 | 0,93 | 1,11 | 0,37 |
| 2. | Плити з мінераловатної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури | 175 | 0,065 | 0,079 | 0,88 | 1,04 | 0,40 |
| | | 200 | 0,071 | 0,087 | 0,98 | 1,16 | 0,36 |
| 3. | Плити мінераловатні гофрованої структури | 70 | 0,050 | 0,055 | 0,49 | 0,54 | 0,54 |
| | | 100 | 0,053 | 0,060 | 0,60 | 0,68 | 0,48 |
| | | 170 | 0,059 | 0,070 | 0,82 | 0,97 | 0,41 |
| 4. | Плити з мінераловатної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою 6,5...8,0%) | 150 | 0,054 | 0,064 | 0,76 | 0,88 | 0,45 |
| | | 170 | 0,055 | 0,065 | 0,82 | 0,97 | 0,42 |
| | | 180 | 0,056 | 0,066 | 0,86 | 1,02 | 0,40 |
| 5. | Плити з мінераловатної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою 4,0...5,0%) | 20 | 0,048 | 0,049 | 0,25 | 0,26 | 0,56 |
| | | 30 | 0,046 | 0,047 | 0,30 | 0,31 | 0,55 |
| | | 50 | 0,045 | 0,046 | 0,39 | 0,40 | 0,54 |
| | | 80 | 0,044 | 0,045 | 0,50 | 0,53 | 0,49 |
| | | 110 | 0,045 | 0,047 | 0,56 | 0,57 | 0,45 |
| | | 190 | 0,047 | 0,052 | 0,78 | 0,82 | 0,32 |
| 6. | Плити з мінераловатної вати на синтетичному зв'язуючому (вміст зв'язуючого за масою 3,5...4,2%) | 30 | 0,044 | 0,045 | 0,29 | 0,30 | 0,55 |
| | | 50 | 0,041 | 0,042 | 0,36 | 0,37 | 0,52 |
| | | 70 | 0,039 | 0,040 | 0,42 | 0,43 | 0,50 |
| | | 110 | 0,043 | 0,044 | 0,55 | 0,56 | 0,45 |
| | | 140 | 0,044 | 0,045 | 0,62 | 0,61 | 0,41 |
| | | 180 | 0,047 | 0,048 | 0,72 | 0,75 | 0,34 |
| | | 220 | 0,048 | 0,050 | 0,81 | 0,84 | 0,32 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|---|-----|-------|-------|------|------|-------|
| 7. | Плити негорючі теплоізоляційні базальтово-волокнисті | 40 | 0,053 | 0,059 | 0,58 | 0,66 | 0,53 |
| | | 90 | 0,050 | 0,054 | 0,48 | 0,54 | 0,50 |
| 8. | Мати прошивні із мінеральної вати теплоізоляційні | 75 | 0,060 | 0,064 | 0,55 | 0,61 | 0,49 |
| | | 125 | 0,064 | 0,070 | 0,73 | 0,82 | 0,30 |
| 9. | Мати мінераловатні прошивні будівельні | 70 | 0,049 | 0,054 | 0,48 | 0,54 | 0,49 |
| | | 95 | 0,053 | 0,059 | 0,58 | 0,66 | 0,40 |
| 10. | Мати прошивні теплоізоляційні | 50 | 0,045 | 0,048 | 0,39 | 0,43 | 0,59 |
| 11. | Плити зі скляного штапельного волокна, одержаного вертикальним роздувом | 30 | 0,061 | 0,065 | 0,35 | 0,39 | 0,61 |
| | | 75 | 0,062 | 0,067 | 0,56 | 0,62 | 0,58 |
| | | 160 | 0,064 | 0,070 | 0,83 | 0,93 | 0,53 |
| | | 190 | 0,070 | 0,073 | 0,95 | 1,03 | 0,50 |
| 12. | Плити зі скляного штапельного волокна, одержаного центрифугально-фільтруно-дутьовим способом ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою 3,5...4,0%) | 15 | 0,050 | 0,051 | 0,21 | 0,23 | 0,061 |
| | | 35 | 0,045 | 0,048 | 0,38 | 0,42 | 0,49 |
| | | 140 | 0,049 | 0,051 | 0,66 | 0,73 | 0,41 |
| 13. | Плити зі скляного штапельного волокна, одержаного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою 4,0...4,5%) | 20 | 0,043 | 0,047 | 0,25 | 0,27 | 0,55 |
| | | 80 | 0,042 | 0,049 | 0,48 | 0,52 | 0,47 |
| 14. | Мати зі скляного штапельного волокна, одержаного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою 3,5...4,0%) | 10 | 0,050 | 0,053 | 0,18 | 0,19 | 0,55 |
| 15. | Мати зі скляного штапельного волокна, одержаного ЦФДС (вміст зв'язуючого за масою 4,0...4,5%) | 10 | 0,051 | 0,054 | 0,19 | 0,20 | 0,69 |
| | | 15 | 0,047 | 0,052 | 0,23 | 0,24 | 0,60 |
| 16. | Мати зі скляного штапельного волокна, одержаного вертикальним роздувом | 25 | 0,061 | 0,065 | 0,32 | 0,35 | 0,62 |
| | | 35 | 0,060 | 0,064 | 0,38 | 0,41 | 0,60 |
| | | 40 | 0,061 | 0,065 | 0,45 | 0,49 | 0,60 |
| 17. | Вироби теплоізоляційні скловолокнисті | 45 | 0,044 | 0,046 | 0,36 | 0,40 | 0,60 |
| 18. | Вата мінеральна | 80 | 0,060 | 0,064 | 0,55 | 0,61 | 0,40 |
| | | 100 | 0,064 | 0,070 | 0,71 | 0,80 | 0,30 |
| 1.2. Полімерні матеріали | | | | | | | |
| 19. | Плити пінополістирольні | 15 | 0,045 | 0,055 | 0,28 | 0,33 | 0,05 |
| | | 25 | 0,043 | 0,053 | 0,34 | 0,40 | 0,05 |
| | | 35 | 0,041 | 0,050 | 0,40 | 0,46 | 0,05 |
| | | 50 | 0,040 | 0,045 | 0,46 | 0,53 | 0,05 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|--|-----|-------|-------|------|------|-------|
| 20. | Плити пінополістирольні екструзійні | 50 | 0,038 | 0,043 | 0,47 | 0,54 | 0,02 |
| | | 80 | 0,041 | 0,049 | 0,59 | 0,73 | 0,02 |
| 21. | Плити пінополістирольні екструзійні | 20 | 0,039 | 0,041 | 0,29 | 0,32 | 0,02 |
| | | 25 | 0,038 | 0,040 | 0,32 | 0,36 | 0,02 |
| | | 30 | 0,037 | 0,039 | 0,34 | 0,39 | 0,02 |
| 22. | Плити пінополістирольні екструзійні | 39 | 0,037 | 0,037 | 0,40 | 0,40 | 0,025 |
| 23. | Блоки пінополістирольні | 20 | 0,044 | 0,45 | 0,24 | 0,35 | 0,04 |
| | | 30 | 0,041 | 0,043 | 0,29 | 0,42 | 0,04 |
| 24. | Вироби з жорсткого пінополіуретану | 40 | 0,040 | 0,040 | 0,40 | 0,42 | 0,05 |
| | | 60 | 0,041 | 0,041 | 0,53 | 0,55 | 0,05 |
| | | 80 | 0,050 | 0,050 | 0,67 | 0,70 | 0,05 |
| 25. | Плити з резольно-формальдегідного пінопласту | 40 | 0,041 | 0,060 | 0,48 | 0,66 | 0,23 |
| | | 50 | 0,050 | 0,064 | 0,59 | 0,77 | 0,23 |
| | | 100 | 0,052 | 0,076 | 0,85 | 1,18 | 0,15 |
| 26. | Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли | 15 | 0,058 | 0,064 | 0,27 | 0,34 | 0,51 |
| | | 25 | 0,063 | 0,074 | 0,36 | 0,47 | 0,42 |
| | | 30 | 0,070 | 0,085 | 0,42 | 0,56 | 0,40 |
| 27. | Вироби зі спіненого пінополіетилену | 30 | 0,044 | 0,047 | 0,30 | 0,33 | 0,02 |
| | | 50 | 0,042 | 0,045 | 0,38 | 0,41 | 0,02 |
| 28. | Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену | 30 | 0,042 | 0,043 | 0,38 | 0,40 | 0,02 |
| 1.3. Вироби з природної органічної та неорганічної сировини | | | | | | | |
| 29. | Вироби перлітофосфогельові | 200 | 0,070 | 0,090 | 1,10 | 1,43 | 0,23 |
| | | 300 | 0,080 | 0,120 | 1,43 | 2,02 | 0,20 |
| 30. | Блоки полістиролбетонні стінові | 200 | 0,070 | 0,080 | 1,12 | 1,28 | 0,12 |
| | | 300 | 0,090 | 0,110 | 1,55 | 1,83 | 0,10 |
| | | 600 | 0,175 | 0,200 | 3,07 | 3,49 | 0,068 |
| 31. | Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогіпсові | 300 | 0,098 | 0,108 | 0,92 | 1,26 | 0,198 |
| | | 450 | 0,118 | 0,202 | 1,89 | 2,63 | 0,18 |
| 32. | Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні | 250 | 0,083 | 0,091 | 1,38 | 1,55 | 0,20 |
| | | 300 | 0,098 | 0,110 | 1,64 | 1,85 | 0,15 |
| | | 400 | 0,140 | 0,160 | 2,26 | 2,59 | 0,10 |
| 33. | Блоки перлітобетонні стінові | 500 | 0,110 | 0,130 | 2,24 | 2,63 | 0,33 |
| | | 600 | 0,120 | 0,140 | 2,57 | 3,01 | 0,30 |
| | | 650 | 0,130 | 0,150 | 2,78 | 3,22 | 0,29 |
| 34. | Вироби цементнополістирольні | 250 | 0,09 | 0,1 | 1,29 | 1,45 | 0,1 |
| | | 300 | 0,10 | 0,11 | 1,53 | 1,74 | 0,095 |
| | | 400 | 0,12 | 0,15 | 2,02 | 2,33 | 0,08 |
| | | 500 | 0,14 | 0,19 | 2,53 | 2,95 | 0,07 |
| | | 550 | 0,15 | 0,21 | 2,78 | 3,28 | 0,068 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|------|-------|-------|------|------|------|
| 35. | Піноскло | 160 | 0,060 | 0,061 | 0,80 | 0,81 | 0,0 |
| 36. | Блоки кремнезитоцементні | 300 | 0,080 | 0,086 | 1,30 | 1,43 | 0,29 |
| | | 400 | 0,09 | 0,096 | 1,59 | 1,75 | 0,23 |
| | | 500 | 0,10 | 0,11 | 1,87 | 2,1 | 0,17 |
| 37. | Вироби з арболіту на портландцементі | 300 | 0,11 | 0,14 | 2,56 | 2,99 | 0,30 |
| | | 400 | 0,13 | 0,16 | 3,21 | 3,70 | 0,26 |
| | | 600 | 0,18 | 0,23 | 4,63 | 5,43 | 0,11 |
| | | 800 | 0,24 | 0,3 | 6,17 | 7,16 | 0,11 |
| 38. | Плити теплоізоляційні очеретні | 200 | 0,07 | 0,09 | 1,67 | 1,96 | 0,49 |
| | | 300 | 0,09 | 0,14 | 2,31 | 2,99 | 0,45 |
| 39. | Вироби перлітобітумні теплоізоляційні | 300 | 0,09 | 0,099 | 1,84 | 1,95 | 0,04 |
| | | 400 | 0,12 | 0,13 | 2,45 | 2,59 | 0,04 |
| 40. | Плити деревоволокнисті та деревостружкові | 200 | 0,07 | 0,08 | 1,67 | 1,81 | 0,24 |
| | | 400 | 0,11 | 0,13 | 2,95 | 3,26 | 0,19 |
| | | 600 | 0,13 | 0,16 | 3,93 | 4,43 | 0,13 |
| | | 800 | 0,19 | 0,23 | 5,49 | 6,13 | 0,12 |
| | | 1000 | 0,23 | 0,29 | 6,75 | 7,7 | 0,12 |
| 1.4. Бетони теплоізоляційні | | | | | | | |
| 41. | Бетони ніздрюваті | 200 | 0,069 | 0,074 | 1,01 | 1,08 | 0,28 |
| | | 300 | 0,09 | 0,10 | 1,41 | 1,48 | 0,26 |
| | | 400 | 0,11 | 0,13 | 1,84 | 2,1 | 0,23 |
| | | 500 | 0,15 | 0,16 | 2,38 | 2,48 | 0,20 |
| 42. | Вермикулітобетон | 400 | 0,11 | 0,13 | 1,94 | 2,29 | 0,19 |
| | | 600 | 0,16 | 0,17 | 2,87 | 3,21 | 0,15 |
| | | 800 | 0,23 | 0,26 | 3,97 | 4,58 | 0,12 |
| 1.5. Матеріали теплоізоляційні засинні | | | | | | | |
| 43. | Щебінь перлітовий | 300 | 0,115 | 0,12 | 1,42 | 1,51 | 0,26 |
| 44. | Гравій шлаковий | 300 | 0,12 | 0,13 | 1,56 | 1,65 | 0,33 |
| 45. | Гравій шлаковий | 350 | 0,17 | 0,19 | 2,00 | 2,16 | 0,21 |
| 46. | Щебінь вермикулітів | 250 | 0,13 | 0,15 | 1,48 | 1,62 | 0,26 |
| 47. | Гравій керамзитовий | 200 | 0,11 | 0,12 | 1,22 | 1,3 | 0,25 |
| | | 300 | 0,12 | 0,13 | 1,56 | 1,66 | 0,25 |
| | | 400 | 0,13 | 0,14 | 1,87 | 1,99 | 0,24 |
| | | 600 | 0,17 | 0,2 | 2,62 | 2,91 | 0,23 |
| | | 800 | 0,21 | 0,23 | 3,36 | 3,6 | 0,21 |
| 48. | Щебінь шлакопемзовий | 400 | 0,21 | 0,23 | 2,35 | 2,52 | 0,24 |
| 49. | Пісок вермикулітів | 100 | 0,076 | 0,08 | 0,7 | 0,75 | 0,3 |
| | | 200 | 0,09 | 0,11 | 1,08 | 1,24 | 0,23 |
| 50. | Пісок для будівельних робіт | 1600 | 0,47 | 0,58 | 6,95 | 7,91 | 0,17 |
| 1.6. Розчини теплоізоляційні | | | | | | | |
| 51. | Розчини цементно-перлітові | 600 | 0,19 | 0,23 | 3,24 | 3,84 | 0,17 |
| | | 800 | 0,21 | 0,26 | 3,73 | 4,51 | 0,16 |
| | | 1000 | 0,26 | 0,30 | 4,64 | 5,42 | 0,15 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|------|-------|------|------|-------|-------|
| 52. | Розчини гіпсо-перлітові | 400 | 0,13 | 0,15 | 2,03 | 2,35 | 0,53 |
| | | 500 | 0,15 | 0,19 | 2,44 | 2,95 | 0,43 |
| 53. | Розчини цементно-кремнезитові | 200 | 0,072 | 0,08 | 1,03 | 1,17 | 0,35 |
| | | 300 | 0,082 | 0,09 | 1,34 | 1,52 | 0,29 |
| 54. | Розчини цементно-шлакові | 1200 | 0,47 | 0,58 | 6,16 | 7,15 | 0,14 |
| | | 1400 | 0,52 | 0,64 | 7,0 | 8,11 | 0,11 |
| 55. | Розчини цементно-пінополістирольні | 600 | 0,12 | 0,17 | 2,33 | 3,06 | 0,07 |
| 2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ | | | | | | | |
| 2.1. Бетони підрюваті | | | | | | | |
| 56. | Бетони підрюваті | 500 | 0,15 | 0,16 | 2,38 | 2,48 | 0,20 |
| | | 600 | 0,16 | 0,18 | 2,65 | 2,9 | 0,17 |
| | | 700 | 0,24 | 0,27 | 3,66 | 3,98 | 0,16 |
| | | 800 | 0,27 | 0,30 | 4,16 | 4,51 | 0,14 |
| | | 900 | 0,33 | 0,36 | 4,82 | 5,23 | 0,12 |
| | | 1000 | 0,38 | 0,44 | 5,72 | 6,59 | 0,11 |
| | | 1100 | 0,45 | 0,51 | 6,74 | 7,74 | 0,10 |
| | | 1200 | 0,49 | 0,55 | 7,37 | 8,48 | 0,09 |
| 57. | Газо- та пінозобетон | 1000 | 0,44 | 0,5 | 6,86 | 8,01 | 0,098 |
| | | 1200 | 0,52 | 0,58 | 8,17 | 9,46 | 0,075 |
| 2.2. Бетони легкі | | | | | | | |
| 58. | Керамзитобетон на керамзитовому ріску | 500 | 0,17 | 0,23 | 2,55 | 3,25 | 0,3 |
| | | 600 | 0,20 | 0,26 | 3,03 | 3,78 | 0,26 |
| | | 800 | 0,24 | 0,31 | 3,83 | 4,77 | 0,19 |
| | | 1000 | 0,33 | 0,41 | 5,03 | 6,13 | 0,14 |
| | | 1200 | 0,44 | 0,52 | 6,36 | 7,57 | 0,11 |
| | | 1400 | 0,56 | 0,65 | 7,75 | 9,14 | 0,098 |
| | | 1600 | 0,67 | 0,79 | 9,06 | 10,77 | 0,09 |
| | | 1800 | 0,80 | 0,92 | 10,5 | 12,33 | 0,09 |
| 59. | Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією | 800 | 0,29 | 0,35 | 4,13 | 4,9 | 0,075 |
| | | 1000 | 0,41 | 0,47 | 5,49 | 6,35 | 0,075 |
| | | 1200 | 0,52 | 0,58 | 6,77 | 7,72 | 0,075 |
| 60. | Керамзитобетон на перлітовому піску | 800 | 0,29 | 0,35 | 4,54 | 5,32 | 0,17 |
| | | 1000 | 0,35 | 0,41 | 5,57 | 6,43 | 0,15 |
| 61. | Керамзитшлакобетон | 1000 | 0,33 | 0,41 | 5,06 | 5,91 | 0,15 |
| 62. | Перлітобетон | 600 | 0,19 | 0,23 | 3,24 | 3,84 | 0,3 |
| | | 800 | 0,27 | 0,33 | 4,45 | 5,32 | 0,26 |
| | | 1000 | 0,33 | 0,38 | 5,5 | 6,35 | 0,19 |
| | | 1200 | 0,44 | 0,5 | 6,96 | 8,01 | 0,15 |
| 63. | Шлакопемзобетон | 1000 | 0,31 | 0,37 | 4,87 | 5,63 | 0,11 |
| | | 1200 | 0,37 | 0,44 | 5,83 | 6,73 | 0,11 |
| | | 1400 | 0,44 | 0,52 | 6,87 | 7,9 | 0,098 |
| | | 1600 | 0,52 | 0,63 | 7,98 | 9,29 | 0,09 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|------|------|------|------|------|-------|
| 64. | Бетон на доменних гранульованих шлаках | 1200 | 0,47 | 0,52 | 6,57 | 7,31 | 0,11 |
| | | 1400 | 0,52 | 0,58 | 7,46 | 8,34 | 0,098 |
| | | 1600 | 0,58 | 0,64 | 8,43 | 9,37 | 0,09 |
| 65. | Бетон на зольному гравії | 1000 | 0,30 | 0,35 | 4,70 | 5,48 | 0,12 |
| | | 1200 | 0,41 | 0,47 | 6,14 | 6,95 | 0,11 |
| | | 1400 | 0,52 | 0,58 | 7,46 | 8,34 | 0,09 |
| 2.3. Вироби гіпсові | | | | | | | |
| 66. | Плити з гіпсу | 1000 | 0,29 | 0,35 | 4,62 | 5,28 | 0,11 |
| | | 1200 | 0,41 | 0,47 | 6,01 | 6,7 | 0,1 |
| 67. | Листи гіпсокартонні | 800 | 0,19 | 0,21 | 3,34 | 3,66 | 0,075 |
| 2.4. Вироби бетонні | | | | | | | |
| 68. | Блоки кремнезитоцементні | 700 | 0,21 | 0,23 | 3,28 | 3,63 | 0,19 |
| | | 800 | 0,22 | 0,24 | 3,59 | 4,05 | 0,17 |
| | | 1000 | 0,23 | 0,27 | 4,28 | 4,81 | 0,13 |
| | | 1200 | 0,27 | 0,29 | 4,87 | 5,45 | 0,11 |
| 2.5. Деревина та вироби з неї | | | | | | | |
| 69. | Сосна та ялина поперек волокон | 500 | 0,14 | 0,18 | 3,87 | 4,54 | 0,06 |
| 70. | Сосна та ялина уздовж волокон | 500 | 0,29 | 0,35 | 5,56 | 6,33 | 0,32 |
| 71. | Дуб поперек волокон | 700 | 0,18 | 0,23 | 5,0 | 5,86 | 0,05 |
| 72. | Дуб уздовж волокон | 700 | 0,35 | 0,41 | 6,9 | 7,83 | 0,3 |
| 73. | Фанера клеєна | 600 | 0,15 | 0,18 | 4,22 | 4,73 | 0,02 |
| 74. | Картон облицювальний | 1000 | 0,21 | 0,23 | 6,2 | 6,75 | 0,06 |
| 75. | Картон будівельний багатошаровий | 650 | 0,15 | 0,18 | 4,26 | 4,89 | 0,083 |
| 2.6. Цеглина кладка з порожнистої цегли | | | | | | | |
| 76. | Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м ³ на цементно-піщаному розчині | 1600 | 0,58 | 0,64 | 7,91 | 8,48 | 0,14 |
| 77. | Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м ³ на цементно-піщаному розчині | 1400 | 0,52 | 0,58 | 7,01 | 7,56 | 0,16 |
| 78. | Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м ³ на цементно-піщаному розчині | 1200 | 0,47 | 0,52 | 6,16 | 6,52 | 0,17 |
| 2.7. Кладка з виробів бетонних | | | | | | | |
| 79. | З блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ , густиною 850 кг/м ³ | 1350 | 0,46 | 0,51 | 5,95 | 6,41 | 0,15 |
| | | 1400 | 0,37 | 0,43 | 5,06 | 5,91 | 0,15 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 80. | 3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині з кварцового піску | 400 | 0,09 | 0,092 | 1,62 | 1,74 | 0,22 |
| 3. МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ | | | | | | | |
| 3.1. Бетони конструкційні | | | | | | | |
| 81. | Залізобетон | 2500 | 1,92 | 2,04 | 17,98 | 18,95 | 0,03 |
| 82. | Бетон на щебені з природного каменю | 2400 | 1,74 | 1,86 | 16,77 | 17,88 | 0,03 |
| 3.2. Розчини будівельні | | | | | | | |
| 83. | Розчин цементно-піщаний | 1800 | 0,76 | 0,93 | 9,6 | 11,09 | 0,09 |
| 84. | Розчин складний (пісок, вапно, цемент) | 1700 | 0,70 | 0,87 | 8,95 | 10,42 | 0,098 |
| 85. | Розчин вапняно-піщаний | 1600 | 0,70 | 0,81 | 8,69 | 9,76 | 0,12 |
| 3.3. Облицювання природним каменем та керамічною плиткою | | | | | | | |
| 86. | Плитка та вироби з природного каменю: – граніт, гнейс, базальт | 2800 | 3,49 | 3,49 | 25,04 | 25,04 | 0,008 |
| 87. | – мрамур | 2800 | 2,91 | 2,91 | 22,86 | 22,86 | 0,008 |
| 88. | – вапняк | 1600 | 0,73 | 0,81 | 9,06 | 9,75 | 0,09 |
| | | 1800 | 0,93 | 1,05 | 10,85 | 11,77 | 0,075 |
| | | 2000 | 1,16 | 1,28 | 12,77 | 13,7 | 0,06 |
| 89. | – туф | 1000 | 0,24 | 0,29 | 4,2 | 4,8 | 0,11 |
| | | 1200 | 0,35 | 0,41 | 5,55 | 6,25 | 0,11 |
| | | 1400 | 0,43 | 0,52 | 6,64 | 7,6 | 0,098 |
| | | 1600 | 0,52 | 0,64 | 7,81 | 9,02 | 0,09 |
| | | 1800 | 0,7 | 0,81 | 9,61 | 10,76 | 0,083 |
| | | 2000 | 0,93 | 1,05 | 11,68 | 12,92 | 0,075 |
| 90. | Плити керамічні для підлоги | 2000 | 0,96 | 1,1 | 11,63 | 12,55 | 0,06 |
| 3.4. Кладка цегляна з повнотілої цегли | | | | | | | |
| 91. | Глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині | 1800 | 0,70 | 0,81 | 9,2 | 10,12 | 0,11 |
| 92. | Глиняної звичайної на цементно-шлаковому розчині | 1700 | 0,64 | 0,76 | 8,64 | 9,7 | 0,12 |
| 93. | Глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині | 1600 | 0,58 | 0,70 | 8,08 | 9,23 | 0,15 |
| 94. | Силікатної на цементно-піщаному розчині | 1800 | 0,76 | 0,87 | 9,77 | 10,9 | 0,11 |
| 95. | Трепельної на цементно-піщаному розчині | 1000 | 0,41 | 0,47 | 5,35 | 5,96 | 0,23 |
| | | 1200 | 0,47 | 0,52 | 6,26 | 6,49 | 0,19 |
| 96. | Шлакової на цементно-піщаному розчині | 1500 | 0,64 | 0,70 | 8,12 | 8,76 | 0,11 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--|------|------|------|-------|-------|-------|
| 3.5. Матеріали покрівельні, гідроізоляційні та покриття полімерні для підлог | | | | | | | |
| 97. | Листи азбестоцементні | 1600 | 0,35 | 0,41 | 6,14 | 6,8 | 0,03 |
| | | 1800 | 0,47 | 0,52 | 7,55 | 8,12 | 0,03 |
| 98. | Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні | 1000 | 0,17 | 0,17 | 4,56 | 4,56 | 0,008 |
| | | 1200 | 0,22 | 0,22 | 5,69 | 5,69 | 0,008 |
| | | 1400 | 0,27 | 0,27 | 6,8 | 6,8 | 0,008 |
| 99. | Асфальтобетон | 2100 | 1,05 | 1,05 | 16,43 | 16,43 | 0,008 |
| 100. | Руберойд, пергамін | 600 | 0,17 | 0,17 | 3,53 | 3,53 | – |
| 101. | Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові | 1600 | 0,33 | 0,33 | 7,52 | 7,52 | 0,002 |
| | | 1800 | 0,38 | 0,38 | 8,56 | 8,56 | 0,002 |
| 102. | Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі | 1400 | 0,23 | 0,23 | 5,87 | 5,87 | 0,002 |
| | | 1600 | 0,29 | 0,29 | 7,05 | 7,05 | 0,002 |
| 103. | Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий та одношаровий без підоснови | 800 | 0,17 | 0,17 | 3,32 | 3,32 | 0,002 |
| | | 1200 | 0,21 | 0,21 | 4,51 | 4,51 | 0,02 |
| 3.6. Метали та скло | | | | | | | |
| 104. | Сталь арматурна | 7850 | 58 | 58 | 126,5 | 126,5 | 0 |
| 105. | Чавун | 7200 | 50 | 50 | 112,5 | 112,5 | 0 |
| 106. | Алюміній | 2600 | 221 | 221 | 187,6 | 187,6 | 0 |
| 107. | Латунь, мідь | 8500 | 407 | 407 | 326 | 326 | 0 |
| 108. | Скло віконне | 2500 | 0,76 | 0,76 | 10,79 | 10,79 | 0 |

Додаток 2.6 (довідковий)

Значення температури точки роси τ_p , °С, при різних температурах і відносних вологостях повітря [40]

| Температура, °С | Відносна вологість повітря, % | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| -5 | -15,30 | -14,04 | -12,90 | -11,84 | -10,83 | -9,96 | -9,11 | -8,31 | -7,62 | -6,89 | -6,24 | -5,60 |
| -4 | -14,40 | -13,10 | -11,93 | -10,84 | -9,89 | -8,99 | -8,11 | -7,34 | -6,62 | -5,89 | -5,24 | -4,60 |
| -3 | -13,42 | -12,16 | -10,98 | -9,91 | -8,95 | -7,99 | -7,16 | -6,37 | -5,62 | -4,90 | -4,24 | -3,60 |
| -2 | -12,58 | -11,22 | -10,04 | -8,98 | -7,95 | -7,04 | -6,21 | -5,40 | -4,62 | -3,90 | -3,34 | -2,60 |
| -1 | -11,61 | -10,28 | -9,10 | -7,98 | -7,00 | -6,09 | -5,21 | -4,43 | -3,66 | -2,94 | -2,34 | -1,60 |
| 0 | -10,65 | -9,34 | -8,16 | -7,05 | -6,06 | -5,14 | -4,26 | -3,46 | -2,70 | -1,96 | -1,34 | -0,62 |
| 1 | -9,85 | -8,52 | -7,32 | -6,22 | -5,21 | -4,26 | -3,40 | -2,58 | -1,82 | -1,08 | -0,41 | 0,31 |
| 2 | -9,07 | -7,72 | -6,52 | -5,39 | -4,38 | -3,44 | -2,56 | -1,74 | -0,97 | -0,24 | 0,52 | 1,29 |
| 3 | -8,22 | -6,88 | -5,66 | -4,53 | -3,52 | -2,57 | -1,69 | -0,88 | -0,08 | 0,74 | 1,52 | 2,29 |
| 4 | -7,45 | -6,07 | -4,84 | -3,74 | -2,70 | -1,75 | -0,87 | -0,01 | 0,87 | 1,72 | 2,50 | 3,26 |
| 5 | -6,66 | -5,26 | -4,03 | -2,91 | -1,87 | -0,92 | -0,01 | 0,94 | 1,83 | 2,68 | 3,49 | 4,26 |
| 6 | -5,81 | -4,45 | -3,22 | -2,08 | -1,04 | -0,08 | 0,94 | 1,89 | 2,80 | 3,68 | 4,48 | 5,25 |
| 7 | -5,01 | -3,64 | -2,39 | -1,25 | -0,72 | 0,87 | 1,90 | 2,85 | 3,77 | 4,66 | 5,47 | 6,25 |
| 8 | -4,21 | -2,83 | -1,56 | -0,42 | -0,21 | 1,82 | 2,86 | 3,85 | 4,77 | 5,64 | 6,46 | 7,24 |
| 9 | -3,41 | -2,02 | -0,78 | 0,46 | 1,66 | 2,77 | 3,82 | 4,81 | 5,74 | 6,62 | 7,45 | 8,24 |
| 10 | -2,62 | -1,22 | 0,08 | 1,39 | 2,60 | 3,72 | 4,78 | 5,77 | 6,71 | 7,60 | 8,44 | 9,23 |
| 11 | -1,83 | -0,42 | 0,98 | 1,32 | 3,54 | 4,68 | 5,74 | 6,74 | 7,68 | 8,58 | 9,43 | 10,23 |
| 12 | -1,04 | 0,44 | 1,90 | 3,25 | 4,48 | 5,63 | 6,70 | 7,71 | 8,65 | 9,56 | 10,42 | 11,22 |
| 13 | -0,25 | 1,35 | 2,82 | 4,18 | 5,42 | 6,58 | 7,66 | 8,68 | 9,62 | 10,54 | 11,41 | 12,21 |
| 14 | 0,63 | 2,26 | 3,76 | 5,11 | 6,36 | 7,53 | 8,62 | 9,64 | 10,59 | 11,52 | 12,40 | 13,21 |
| 15 | 1,51 | 3,17 | 4,68 | 6,04 | 7,30 | 8,48 | 9,58 | 10,60 | 11,59 | 12,50 | 13,38 | 14,21 |
| 16 | 2,41 | 4,08 | 5,60 | 6,97 | 8,24 | 9,43 | 10,54 | 11,57 | 12,56 | 13,48 | 14,36 | 15,20 |
| 17 | 3,31 | 4,99 | 6,52 | 7,90 | 9,18 | 10,37 | 11,50 | 12,54 | 13,53 | 14,46 | 15,36 | 16,19 |
| 18 | 4,20 | 5,90 | 7,44 | 8,83 | 10,12 | 11,32 | 12,46 | 13,51 | 14,50 | 15,44 | 16,34 | 17,19 |
| 19 | 5,09 | 6,81 | 8,36 | 9,76 | 11,06 | 12,27 | 13,42 | 14,48 | 15,47 | 16,42 | 17,32 | 18,19 |
| 20 | 6,00 | 7,72 | 9,28 | 10,69 | 12,00 | 13,22 | 14,38 | 15,44 | 16,44 | 17,40 | 18,32 | 19,18 |
| 21 | 6,00 | 8,62 | 10,20 | 11,62 | 12,94 | 14,17 | 15,33 | 16,40 | 17,41 | 18,38 | 19,30 | 20,18 |
| 22 | 7,69 | 9,52 | 11,12 | 12,55 | 13,88 | 15,12 | 16,28 | 17,37 | 18,38 | 19,36 | 20,30 | 21,16 |
| 23 | 8,68 | 10,43 | 12,03 | 13,48 | 14,82 | 16,07 | 17,23 | 18,34 | 19,38 | 20,34 | 21,28 | 22,15 |
| 24 | 9,57 | 11,34 | 12,94 | 14,41 | 15,76 | 17,02 | 18,19 | 19,30 | 20,35 | 21,32 | 22,26 | 23,15 |
| 25 | 10,46 | 12,75 | 13,86 | 15,34 | 16,70 | 17,97 | 19,15 | 20,26 | 21,32 | 22,30 | 23,24 | 24,14 |
| 26 | 11,35 | 13,15 | 14,78 | 16,27 | 17,64 | 18,95 | 20,11 | 21,22 | 22,29 | 23,28 | 24,22 | 25,14 |
| 27 | 12,24 | 14,05 | 15,70 | 17,19 | 18,57 | 19,87 | 21,06 | 22,18 | 23,26 | 24,26 | 25,22 | 26,13 |
| 28 | 13,13 | 14,95 | 16,61 | 18,11 | 19,50 | 20,81 | 22,01 | 23,14 | 24,23 | 25,24 | 26,20 | 27,12 |
| 29 | 14,02 | 15,86 | 17,52 | 19,04 | 20,44 | 21,75 | 22,96 | 24,11 | 25,20 | 26,22 | 27,20 | 28,12 |
| 30 | 14,92 | 16,77 | 18,44 | 19,97 | 21,38 | 22,69 | 23,92 | 25,08 | 26,17 | 27,20 | 28,18 | 29,11 |

Додаток 2.7 (довідковий)

Визначення розрахункових параметрів енергетичного паспорту

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період $q_{\text{отд}}$, кВтгод/м² або кВтгод/м³ визначається за формулою:

$$q_{\text{отд}} = \frac{Q_{\text{отд}}}{F_b} \text{ або } q_{\text{отд}} = \frac{Q_{\text{отд}}}{V_b}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{отд}}$ – витрати теплової енергії на опалення будівлі протягом опалювального періоду року, кВтгод, що визначаються на підставі результатів енергетичного аудиту будівлі або за результатами нижченаведених розрахунків:

F_b – опалювана площа будівлі, м²;

V_b – опалюваний об'єм будівлі, м³.

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{отд}}$ визначаються за формулою:

$$Q_{\text{отд}} = [Q_c - (Q_{\text{мн}} + Q_s \cdot v \cdot \zeta)] \cdot \beta_b, \quad (2)$$

де Q_c – загальні тепловитрати будівлі через огорожувальну оболонку, кВтгод;

$Q_{\text{мн}}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВтгод;

Q_s – теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, кВтгод;

v – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будівель акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі та визначається за ДБН В.2.5-24-2003 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Електрична кабельна система опалення»; за відсутності точних даних слід приймати $v = 0,8$;

ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; рекомендовані значення: $\zeta = 1$ – в однотрубній системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням на індивідуальні теплові пункти (ІТП) або квартирним горизонтальним розведенням; $\zeta = 0,95$ – у двотрубній системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП; $\zeta = 0,9$ – в однотрубній системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двотрубній системі опалення з термостатами та без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,85$ – в однотрубній системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,7$ – у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням на ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря; $\zeta = 0,5$ – у системі без термостатів та без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні);

β_b – коефіцієнт, який враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через зарядіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, які проходять через неопалювальні

приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будівель $\beta_h = 1,13$; для будівель баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Загальні тепловтрати будівлі Q_k , кВтгод, визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{вн}} \cdot D_j \cdot F_z, \quad (3)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

D_j – кількість градусо-днів опаловального періоду, що визначається залежно від температурної зони експлуатації будівлі згідно з [15]. Для I температурної зони приймається $D_j = 3750$ °Сдб, для II температурної зони приймається $D_j = 3250$ °Сдб, для III температурної зони приймається $D_j = 2750$ °Сдб, для IV температурної зони приймається $D_j = 2250$ °Сдб;

F_z – загальна площа внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій, м²;

$K_{\text{вн}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі, Вт/(м²К), визначається за формулою:

$$K_{\text{вн}} = k_{\Sigma \text{оп}} + k_{\text{внр}}, \quad (4)$$

де $k_{\Sigma \text{оп}}$ – приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі, Вт/(м²К);

$k_{\text{внр}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, Вт/(м²К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції.

Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівлі $k_{\Sigma \text{оп}}$, Вт/(м²К), визначається за формулою:

$$k_{\Sigma \text{оп}} = \xi \frac{\frac{F_{\text{ст}}}{R_{\Sigma \text{оп ст}}} + \frac{F_{\text{ст}}}{R_{\Sigma \text{оп ст}}} + \frac{F_a}{R_{\Sigma \text{оп а}}} + \frac{F_{\text{ок}}}{R_{\Sigma \text{оп ок}}} + \frac{F_u}{R_{\Sigma \text{оп и}}}}{F_z}, \quad (5)$$

де ξ – коефіцієнт, який враховує додаткові тепловтрати, що пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи до будівлі; для житлових будинків $\xi = 1,13$, а для інших будівель $\xi = 1,1$;

$F_{\text{ст}}$, $F_{\text{ст}}$, F_a , $F_{\text{ок}}$, F_u – площі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх входних дверей та воріт, покриттів (горизонтальних перекриттів), похилих перекриттів (підлог на ґрунті), м²;

$R_{\Sigma \text{оп ст}}$, $R_{\Sigma \text{оп ст}}$, $R_{\Sigma \text{оп а}}$, $R_{\Sigma \text{оп ок}}$, $R_{\Sigma \text{оп и}}$ – приведений опір теплопередачі відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій (вікон і балконних дверей, вітражів, ліхтарів), зовнішніх входних дверей та воріт, покриттів (горизонтальних

перекриттів), цокольних перекриттів (підлогу на ґрунту – з урахуванням їх поділу на зони із зазначенням опору теплопередачі), ($\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$).

Для перекриттів теплих дахів та цокольних перекриттів над техпідпіллями відношення $\frac{F_{\text{вн}}}{R_{\text{Зпр ок}}}$ та $\frac{F_{\text{вн}}}{R_{\text{Зпр в}}}$ у формулі (5) необхідно помножити на показник n , що визначається за формулою:

$$n = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{в}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{в}}}, \quad (6)$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря основної частини приміщень будівель, $^{\circ}\text{C}$, яка визначається залежно від призначення будівлі;

$t_{\text{в}}$ – температура внутрішнього повітря теплового даху або техпідпалля, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, яке визначається залежно від температури зони експлуатації будівлі.

Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, $\text{Вт}/(\text{m}^2\text{K})$, який враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, визначається за формулою:

$$k_{\text{інф}} = \frac{\chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot \nu_v \cdot V_{\text{в}} \cdot \gamma_3 \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (7)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c – питома теплоємність повітря, приймається рівною $1 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;

$n_{\text{об}}$ – середня кратність повітрообміну будівлі за опалювальний період, год^{-1} , що встановлюється експериментально або визначається за нижченаведеними положеннями;

ν_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря в будівлі, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. За відсутністю точних даних приймається $\nu_v = 0,85$;

$V_{\text{в}}$ – опалювальний об'єм будівлі, m^3 ;

γ_3 – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\text{кг}/\text{m}^3$, визначається за формулою:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_{\text{в}} + t_{\text{овт}})], \quad (8)$$

де $t_{\text{в}}$ – те саме, що у формулі (6);

$t_{\text{овт}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$, що визначається за [51];

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається за найбільшим із значень, єдиним для всієї будівлі:

$\eta = 0,7$ – для стиків панелей, а також вікон з ПВХ-профілів, з дерев'яними рамами та з алюмінієвих профілів із заповненням склопакетами;

$\eta = 0,8$ – для вікон із роздільними рамами;

$\eta = 1$ – для вікон із спареними рамами;

F_{Σ} – те саме, що у формулі (3).

Середня кратність повітрообміну житлового будинку за опалювальний період $n_{об}$, год⁻¹, визначається за формулою:

$$n_{об} = \frac{3 \cdot F_{ж}}{V_v \cdot V_k}, \quad (9)$$

де $F_{ж}$ – площа житлових приміщень і кухонь будинку, м², що визначається за [13].

Середня кратність повітрообміну громадської будівлі за опалювальний період $n_{об}$, год⁻¹, визначається за сумарним повітрообміном за рахунок вентиляції та інфільтрації за формулою:

$$n_{об} = \frac{\left[\left(\frac{L_v \cdot n_v}{168} \right) + \left(\frac{P_{инф} \cdot \eta \cdot n_{об}}{168 \cdot \gamma_s} \right) \right]}{V_v \cdot V_k}, \quad (10)$$

де L_v – кількість припливного повітря до будівлі у разі природного спонукання або нормативне значення під час вентиляції з механічним спонуканням, м³/год, яке дорівнює для: офісних будівель – $4F_{гр}$; для торговельних будівель, закладів медичного та оздоровчого призначення, музеїв і бібліотек – $5 F_{гр}$; для будівель навчальних закладів – $7 F_{гр}$; для спортивних залів, будівель дозвілля, підприємств громадського харчування, вокзалів усіх видів транспорту – $10F_{гр}$.

де $F_{гр}$ – розрахункова площа громадських будівель, м², визначається за [11];

n_v – кількість годин роботи вентиляції з механічним або природним спонуканням протягом тижня;

168 – кількість годин у тижні;

$P_{инф}$ – кількість повітря, що інфільтрується в будівлю через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається $P_{инф} = 0,5 \cdot V_v \cdot V_k$;

$n_{инф}$ – кількість годин інфільтрації повітря всередину будівлі протягом тижня, год; для будівель із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 168; для будівель, у приміщеннях яких підтримується підпір повітря під час дії припливної механічної вентиляції – $(168 - n)$.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду $Q_{ман}$, кВт год, визначаються за формулою:

$$Q_{ман} = \chi_1 \cdot q_{ман} \cdot z_{от} \cdot F_l, \quad (11)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$q_{ман}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м² житлової площі будівлі або розрахункової площі громадської будівлі, Вт/м², визначається для:

житлових будинків = 10 Вт/м²;

нежитлових будівель – за розрахунковою кількістю людей (90 Вт/чол), що знаходяться в будівлі, освітленню (за встановленою потужністю) та офісною технікою (у разі відсутності точних даних приймається 10 Вт/м²) з урахуванням кількості робочих годин на тиждень;

z_{on} – тривалість днів опалювального періоду, що визначається за [51] для періоду з середньодобовою температурою зовнішнього повітря, не більше 10°C – у разі проектування лікувально-профілактичних та дитячих закладів і не більше 8°C – в інших випадках;

F_l – площа житлових приміщень і кухонь – для житлових будинків, розрахункова площа – для нежитлових будівель, м².

Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду Q_s , кВт/год, для чотирьох фасадів будівель, орієнтованих за чотирма напрямками сторін світу – північ (Пн), схід (С), південь (Пд) і захід (З), або за проміжними напрямками північ-захід (ПнЗ), північ-схід (ПнС), південь-схід (ПдС) і південь-захід (ПдЗ), визначаються за формулою:

$$Q_s = \zeta_{\alpha} \cdot \varepsilon_{\alpha} \cdot (F_{Пн} \cdot I_{Пн} + F_C \cdot I_C + F_{Пд} \cdot I_{Пд} + F_Z \cdot I_Z) + \zeta_{\alpha z} \cdot \varepsilon_{\alpha z} \cdot F_{\alpha z} \cdot I_s, \quad (12)$$

де ζ_{α} , $\zeta_{\alpha z}$ – коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон і Zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

ε_{α} , $\varepsilon_{\alpha z}$ – коефіцієнти відносного проникання сонячної радіації відповідно для світлопрозорих заповнень вікон і Zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій; мансардні вікна з кутом нахилу заповнень до горизонту 45° і більше варто вважати як вертикальні вікна, з кутом нахилу менше 45° – як Zenітні ліхтарі;

$F_{Пн}$, F_C , $F_{Пд}$, F_Z – площа світлових прорізів фасадів будівлі, відповідно орієнтованих за чотирма напрямками світу, м²;

$F_{\alpha z}$ – площа світлових прорізів Zenітних ліхтарів, м²;

$I_{Пн}$, I_C , $I_{Пд}$, I_Z – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтовану за чотирма фасадами будівлі, кВт/год/м² (додаток 2.3). Для проміжних орієнтирів фасадів будівлі, що відрізняються від напрямків на Пн, Пд, З, С, величину сонячної радіації треба визначати за інтерполяцією;

I_s – середня величина сонячної радіації за опалювальний період, яка спрямована на горизонтальну поверхню за умов хмарності, кВт/год/м² (додаток 2.3).

Коефіцієнт скління фасадів будівель, визначається за формулою:

$$m_{ск} = \frac{F_{\alpha z}}{(F_{Пн} + F_C + F_{Пд} + F_Z)}, \quad (13)$$

Де $F_{Пн}$, F_C , $F_{Пд}$, F_Z – те саме, що у формулі (5), м².

Показник компактності будівлі $\Lambda_{\text{к.б.уд}}$, м^{-1} , визначається за формулою:

$$\Lambda_{\text{к.б.уд}} = \frac{F_{\Sigma}}{V_b}, \quad (14)$$

де F_{Σ} – те саме, що у формулі (3), м^2 ;

V_b – те саме, що у формулі (1), м^3 .

Визначене за формулою (1) значення питомих тепловитрат на опалення будівлі за опалювальний період, порівнюють із нормативним значенням $E_{\text{норм}}$.

Додаток 2.8 (обов'язковий) **ФОРМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПАСПОРТА БУДІВЛІ**

Таблиця Ф1

Загальна інформація

| | |
|--------------------------------------|--|
| Дата заповнення (рік, місяць, число) | |
| Адреса будівлі | |
| Розробник проекту | |
| Адреса і телефон розробника | |
| Шифр проекту будівлі | |
| Рік будівництва | |

Таблиця Ф2

Розрахункові параметри

| Найменування розрахункових параметрів | Позначення | Одиниця виміру | Величина |
|--|-------------------|--------------------------------------|----------|
| Розрахункова температура внутрішнього повітря | $t_{\text{в}}$ | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря | $t_{\text{з}}$ | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Розрахункова температура теплої границі | $t_{\text{г}}$ | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Розрахункова температура техпідпілля | $t_{\text{п}}$ | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Тривалість опалювального періоду | $z_{\text{оп}}$ | Доба | |
| Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період | $t_{\text{ср.з}}$ | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду | $D_{\text{р}}$ | $^{\circ}\text{C} \cdot \text{доба}$ | |
| Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будівлі | | | |
| Призначення | | | |
| Розміщення в забудові | | | |
| Типовий проект, індивідуальний | | | |
| Конструктивне рішення | | | |

Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

| Показники | Позначення і розмірність показника | Нормативне значення показника | Розрахункове (проектне) значення показника | Фактичне значення показника |
|---|--|-------------------------------|--|-----------------------------|
| Геометричні показники | | | | |
| Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі | F_{Σ}, M^2 | — | | |
| У тому числі: | | | | |
| – стін | $F_{\text{ст}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – вікон і балконних дверей | $F_{\text{вікн}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – вітражів | $F_{\text{вітр}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – ліхтарів | $F_{\text{ліхт}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – покриттів (сумішених) | $F_{\text{пок}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – горизонтальних перекриттів (холодних горниц) | $F_{\text{горх}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – покриттів теплих горниц | $F_{\text{горт}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – перекриттів над технідвільями | $F_{\text{тд}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – перекриттів над неопалюваними підвалами і піддільями | $F_{\text{пд}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – перекриттів над проїздами і під еркерами | $F_{\text{пр}}, \text{M}^2$ | — | | |
| – підлоги по ґрунту | $F_{\text{пд}}, \text{M}^2$ | — | | |
| Площа опалювальних приміщень | $F_{\text{оп}}, \text{M}^2$ | — | | |
| Корисна площа (для громадських будівель) | $F_{\text{кор}}, \text{M}^2$ | — | | |
| Площа житлових приміщень і кухонь | $F_{\text{ж}}, \text{M}^2$ | — | | |
| Розрахункова площа (для громадських будівель) | $F_{\text{р}}, \text{M}^2$ | — | | |
| Опалювальний об'єм | $V_{\text{оп}}, \text{M}^3$ | — | | |
| Коефіцієнт скління фасадів будівлі | $m_{\text{ск}}$ | — | | |
| Показник компактності будівлі | $\Lambda_{\text{н бзд}}$ | — | | |
| Теплотехнічні та енергетичні показники | | | | |
| Теплотехнічні показники | | | | |
| Приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій: | $R_{\Sigma \text{пр}}, \text{M}^2 \text{K/Вт}$ | | | |
| – стін | $R_{\Sigma \text{пр ст}}$ | | | |
| – вікон і балконних дверей | $R_{\Sigma \text{пр вікн}}$ | | | |
| – вітражів | $R_{\Sigma \text{пр вітр}}$ | | | |
| – ліхтарів | $R_{\Sigma \text{пр ліхт}}$ | | | |
| – входних дверей, воріт | $R_{\Sigma \text{пр вх}}$ | | | |
| – покриттів (сумішених) | $R_{\Sigma \text{пр пок}}$ | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| — горизонтальних перекриттів (холодних горниці) | $R_{\Sigma \text{гор}}$ | | | |
| — покриттів теплих горниці | $R_{\Sigma \text{гор в}}$ | | | |
| — перекриттів над технічними підвалами | $R_{\Sigma \text{тех пд}}$ | | | |
| — перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями | $R_{\Sigma \text{пд к2}}$ | | | |
| — перекриттів над проходами і під еркерами | $R_{\Sigma \text{ер к2}}$ | | | |
| — підлоги по ґрунту | $R_{\Sigma \text{пд г}}$ | | | |
| Енергетичні показники | | | | |
| Розрахункові питомі тепловитрати | $q_{0, \text{роз}}$ кВт год/м ² , (кВт год/м ²) | | | |
| Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будівлі | $E_{\text{макс}}$ кВт год/м ² , (кВт год/м ²) | | | |
| Клас енергетичної ефективності будівлі | | | | |
| Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів | | | | |
| Відповідність проекту будівлі нормативним вимогам | | | | |
| Необхідність доопрацювання проекту будівлі | | | | |

Таблиця Ф4

Класифікація будівель за енергетичною ефективністю

| Клас енергетичної ефективності будівлі | Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат $q_{0, \text{роз}}$ від максимально допустимого значення $E_{\text{макс}}$ [$(q_{0, \text{роз}} - E_{\text{макс}}) / E_{\text{макс}}] \cdot 100\%$ | Рекомендації |
|--|--|--------------|
| <i>A</i> | Мінус 50 та менше | |
| <i>B</i> | Від мінус 49 до мінус 10 | |
| <i>C</i> | Від мінус 9 до плюс 5 | |
| <i>D</i> | Від плюс 6 до плюс 25 | |
| <i>E</i> | Від плюс 26 до плюс 75 | |
| <i>F</i> | Плюс 76 та більше | |

Таблиця Ф5

Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будівлі

| | |
|--|--|
| Визначення щодо підвищення енергетичної ефективності будівлі | |
| Рекомендовано: | |
| — | |
| — | |
| Паспорт заповнений: | |
| Організація | |
| Адреса і телефон | |
| Відповідальний виконавець | |

Додаток 2.9 (довідковий)

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, χ , матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції [15]

| Матеріал зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції | Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, χ |
|---|---|
| Алюміній | 0,5 |
| Азбестовий лист | 0,65 |
| Асфальтобетон | 0,9 |
| Бетон | 0,7 |
| Дерево нефарбоване | 0,6 |
| Захисний шар рудонної покрівлі зі світлого гравію | 0,65 |
| Цегла керамічна | 0,7 |
| Цегла силікатна | 0,6 |
| Облицювання природним каменем білим | 0,45 |
| Пофарбування силікатне темно-сіре | 0,7 |
| Пофарбування вапняне біле | 0,3 |
| Плитка облицювальна керамічна | 0,8 |
| Плитка облицювальна скляна | 0,6 |
| Плитка облицювальна біла або пальова | 0,45 |
| Руберойд із піщаною засипкою | 0,9 |
| Сталь листовая, пофарбована білою фарбою | 0,45 |
| Сталь листовая, пофарбована темно-червоною фарбою | 0,8 |
| Сталь листовая, пофарбована зеленою фарбою | 0,6 |
| Сталь покрівельна оцинкована | 0,65 |
| Скло облицювальне | 0,7 |
| Штукатурка вапняна темно-сіра або теракотова | 0,7 |
| Штукатурка цементна темно-зелена | 0,6 |
| Штукатурка цементна хромова | 0,4 |

Додаток 2.10 (довідковий)

Коефіцієнт нерівномірності тепловіддачі систем опалення, m [15]

| Тип опалення | m |
|---|-----------------|
| Водяне опалення будівель із безперервним обслуговуванням | 0,1 |
| Опалення з використанням приладів із малою теплоємністю: | |
| а) нагрівання приладів опалення протягом 18 год. з перервою 6 год. | 0,8 |
| б) нагрівання приладів опалення протягом 12 год. з перервою 12 год. | 1,4 |
| в) нагрівання приладів опалення протягом 6 год. з перервою 18 год. | 2,2 |
| Поквартирне водяне опалення (час обслуговування 6 год.) | 1,5 |
| Опалення тепломісними печами один раз на добу: | |
| – товщина стінок печі у 1/2 цеглини | від 0,4 до 0,9* |
| – товщина стінок печі у 1/4 цеглини | від 0,7 до 1,4* |

*Примітка.** Менше значення m відповідає масивним печам, більше – менш масивним, легким печам. При палінні печей 2 рази на добу величину m треба зменшувати у 2,5...3 рази для печей з товщиною у 1/2 цеглини, та у 2...2,3 рази – при товщині у 1/4 цеглини.

Додаток 2.11 (довідковий)

Значення парціального тиску насиченої водяної пари, E_s , Па, при нормальному атмосферному тиску $B=101325$ Па

| Ціла частина t , °C | Дробова частина t , °C | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 34 | 5320 | 5340 | 5378 | 5409 | 5440 | 5469 | 5500 | 5530 | 5561 | 5592 |
| 33 | 5030 | 5058 | 5088 | 5116 | 5144 | 5173 | 5202 | 5232 | 5261 | 5290 |
| 32 | 4754 | 4782 | 4808 | 4836 | 4864 | 4890 | 4919 | 4946 | 4974 | 5002 |
| 31 | 4493 | 4518 | 4544 | 4570 | 4596 | 4622 | 4648 | 4673 | 4701 | 4728 |
| 30 | 4242 | 4268 | 4292 | 4317 | 4341 | 4366 | 4390 | 4416 | 4441 | 4466 |
| 29 | 4005 | 4029 | 4052 | 4076 | 4100 | 4122 | 4146 | 4170 | 4194 | 4218 |
| 28 | 3780 | 3801 | 3824 | 3846 | 3869 | 3890 | 3913 | 3936 | 3960 | 3982 |
| 27 | 3565 | 3586 | 3608 | 3628 | 3649 | 3672 | 3693 | 3714 | 3736 | 3758 |
| 26 | 3361 | 3381 | 3401 | 3421 | 3441 | 3461 | 3482 | 3502 | 3523 | 3544 |
| 25 | 3168 | 3186 | 3205 | 3224 | 3244 | 3263 | 3283 | 3301 | 3321 | 3341 |
| 24 | 2984 | 3001 | 3020 | 3037 | 3056 | 3074 | 3093 | 3112 | 3130 | 3149 |
| 23 | 2809 | 2826 | 2842 | 2860 | 2877 | 2894 | 2913 | 2930 | 2948 | 2965 |
| 22 | 2644 | 2660 | 2676 | 2692 | 2709 | 2725 | 2742 | 2758 | 2776 | 2792 |
| 21 | 2486 | 2502 | 2517 | 2533 | 2548 | 2564 | 2580 | 2596 | 2612 | 2628 |
| 20 | 2338 | 2352 | 2366 | 2381 | 2395 | 2410 | 2426 | 2441 | 2456 | 2472 |
| 19 | 2197 | 2210 | 2224 | 2238 | 2252 | 2266 | 2280 | 2294 | 2309 | 2324 |
| 18 | 2064 | 2076 | 2089 | 2102 | 2116 | 2129 | 2142 | 2156 | 2169 | 2182 |
| 17 | 1937 | 1949 | 1961 | 1974 | 1986 | 2000 | 2013 | 2025 | 2037 | 2050 |
| 16 | 1817 | 1829 | 1841 | 1853 | 1865 | 1877 | 1889 | 1901 | 1913 | 1925 |
| 15 | 1705 | 1716 | 1727 | 1739 | 1749 | 1760 | 1772 | 1783 | 1796 | 1806 |
| 14 | 1598 | 1608 | 1619 | 1629 | 1640 | 1651 | 1661 | 1672 | 1683 | 1694 |
| 13 | 1497 | 1507 | 1517 | 1527 | 1537 | 1547 | 1557 | 1567 | 1577 | 1588 |
| 12 | 1403 | 1412 | 1421 | 1431 | 1440 | 1449 | 1459 | 1468 | 1477 | 1487 |
| 11 | 1312 | 1321 | 1330 | 1339 | 1348 | 1357 | 1366 | 1375 | 1384 | 1393 |
| 10 | 1228 | 1236 | 1244 | 1252 | 1261 | 1269 | 1277 | 1286 | 1295 | 1304 |
| 9 | 1148 | 1156 | 1164 | 1172 | 1179 | 1187 | 1195 | 1203 | 1212 | 1220 |
| 8 | 1072 | 1080 | 1087 | 1095 | 1102 | 1109 | 1117 | 1125 | 1132 | 1140 |
| 7 | 1001 | 1008 | 1016 | 1023 | 1030 | 1037 | 1044 | 1051 | 1058 | 1065 |
| 6 | 935 | 941 | 948 | 955 | 961 | 968 | 975 | 981 | 988 | 995 |
| 5 | 872 | 879 | 885 | 891 | 897 | 903 | 909 | 916 | 922 | 928 |
| 4 | 813 | 819 | 825 | 831 | 836 | 842 | 848 | 854 | 860 | 866 |
| 3 | 757 | 762 | 768 | 774 | 780 | 785 | 791 | 796 | 802 | 808 |
| 2 | 705 | 710 | 716 | 721 | 727 | 732 | 737 | 742 | 747 | 752 |
| 1 | 657 | 661 | 666 | 671 | 676 | 681 | 685 | 690 | 695 | 700 |
| 0 | 611 | 615 | 620 | 624 | 628 | 633 | 637 | 642 | 647 | 652 |
| -0 | 611 | 606 | 601 | 596 | 591 | 586 | 581 | 576 | 572 | 567 |
| -1 | 562 | 557 | 553 | 548 | 544 | 539 | 535 | 530 | 525 | 521 |
| -2 | 517 | 513 | 508 | 504 | 500 | 496 | 492 | 488 | 484 | 480 |
| -3 | 476 | 472 | 468 | 464 | 460 | 456 | 452 | 448 | 444 | 440 |
| -4 | 437 | 433 | 429 | 425 | 422 | 419 | 415 | 412 | 408 | 404 |
| -5 | 401 | 397 | 394 | 391 | 388 | 384 | 381 | 378 | 375 | 371 |
| -6 | 368 | 365 | 361 | 358 | 355 | 352 | 349 | 346 | 343 | 340 |
| -7 | 337 | 334 | 332 | 329 | 326 | 323 | 320 | 317 | 314 | 311 |
| -8 | 309 | 307 | 304 | 301 | 299 | 296 | 293 | 291 | 288 | 285 |
| -9 | 283 | 281 | 279 | 276 | 273 | 271 | 269 | 267 | 264 | 262 |
| -10 | 260 | 257 | 255 | 252 | 250 | 248 | 245 | 243 | 241 | 239 |
| -11 | 237 | 235 | 233 | 231 | 229 | 227 | 225 | 223 | 221 | 219 |
| -12 | 217 | 215 | 213 | 211 | 209 | 207 | 205 | 203 | 201 | 199 |
| -13 | 198 | 196 | 195 | 193 | 191 | 189 | 187 | 185 | 184 | 182 |
| -14 | 181 | 179 | 177 | 176 | 175 | 173 | 171 | 169 | 168 | 166 |
| -15 | 165 | 164 | 163 | 161 | 159 | 157 | 156 | 154 | 153 | 152 |
| -16 | 151 | 149 | 148 | 147 | 145 | 144 | 142 | 141 | 140 | 139 |
| -17 | 137 | 136 | 135 | 133 | 132 | 131 | 130 | 129 | 127 | 125 |
| -18 | 124 | 123 | 122 | 121 | 120 | 119 | 117 | 116 | 115 | 114 |
| -19 | 113 | 112 | 111 | 110 | 109 | 108 | 107 | 105 | 104 | 103 |

Додаток 2.12 (рекомендований)

Нормовані показники освітлення приміщень промислових будівель [17]

| Приміщення і виробничі ділянки, устаткування, споруди | Робоча поверхня і площина, на якій нормується освітленість (Г – горизонтальна, В – вертикальна) | Розряд зорової роботи | Природне освітлення | |
|--|---|-----------------------|--|-------------------------|
| | | | КПО, $E_{\text{д}}$, % | |
| | | | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні |
| 1. Склади громіздких предметів, цинкових матеріалів (піску, цементу тощо), хімікатів | Г – підлога | VIIIa | 0,7 | 0,2 |
| 2. Склади металу, запасних частин, готової продукції, інструментальні | Г – підлога | VIIIб | 1,0 | 0,3 |
| 3. Приміщення і камери трансформаторів, реакторів, статичних конденсаторів, акумуляторів | В – 1,5 | VIIIб | 1,0 | 0,3 |
| 4. Електроцехи в житлових і громадських будівлях | Г – 0,8 від підлоги В – 1,5 на щитах | VIIIб | 1,0 | 0,3 |
| 5. Ділянки діагностування і технічного ремонту легкових і вантажних автомобілів | Г – 0,8 від підлоги | Vб | 3,0 | 1,0 |
| 6. Шинномонтажна ділянка | Г – 0,8 від підлоги | Va | 3,0 | 1,0 |
| 7. Ковальсько-ресорна ділянка | Г – 0,8 від підлоги | IVб | 4,0 | 1,5 |
| 8. Зварювально-жерстянкова ділянка | Г – 0,8 від підлоги | IVa | 4,0 | 1,5 |
| 9. Ділянка ремонту електрообладнання і приладів живлення | Г – 0,8 від підлоги Г – верстат, стелі | IIIa | CM або 5,0 | CM або 1,8 |
| 10. Деревообробна ділянка | Г – 0,8 від підлоги | IIIб | CM або 5,0 | CM або 1,8 |
| 11. Товарні та фрезерні верстати | Г – зона обробки | IIa | CM або 7,0 | CM або 2,0 |
| 12. Шліфувальні, токарно-револьверні, токарно-свинтові, токарно-карусельні | Г – зона обробки | Iг | CM або 10,0 | CM або 3,0 |
| 13. Піддовожньо-стругальні та сфердильні верстати | Г – зона обробки | Iг | CM або 7,0 | CM або 2,0 |
| 14. Довбильні, протяжні, обрізні верстати | Г – зона обробки | IIIa | CM або 5,0 | CM або 1,8 |
| 15. Фарбувальні ділянки автомобілів | Г, В – кузов автомобіля | IIIб | CM або 5,0 | CM або 1,8 |
| 16. Агрегатна ділянка легкових автомобілів | Г – 0,8 від підлоги Г – верстак | IIIa | CM або 5,0 | CM або 1,8 |
| 17. Агрегатна ділянка вантажних автомобілів | Г – 0,8 від підлоги Г – верстак | Iva | 4,0 | 1,5 |
| 18. Приміщення закритого зберігання рухомого складу | Г – підлога | VIIIб | 1,0 | 0,3 |

Примітка. CM – суміщене освітлення.

Додаток 2.13 (рекомендований)

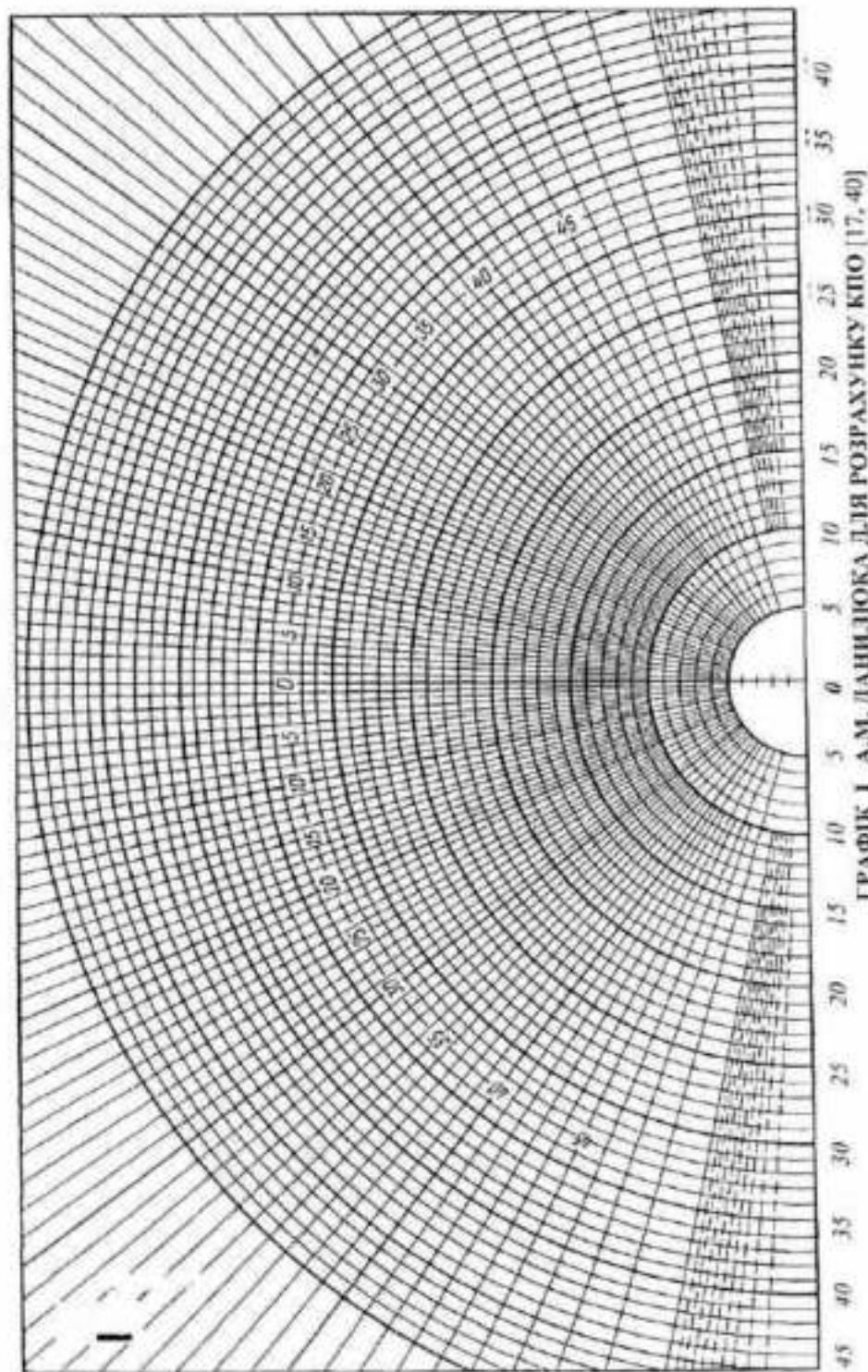
Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових і допоміжних будівель [17]

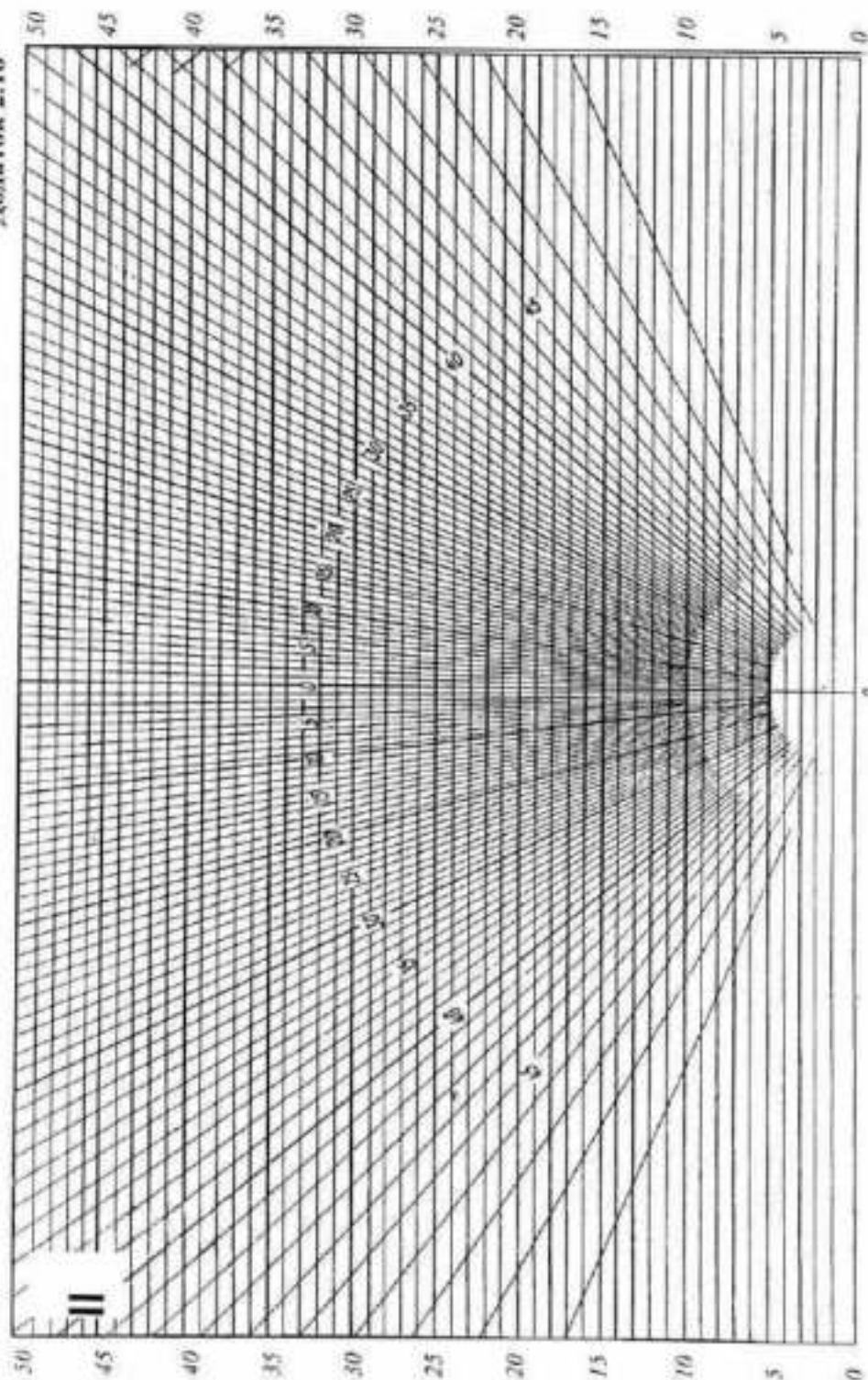
| Приміщення | Робоча поверхня і площина, на якій нормується освітленість (Г – горизонтальна, В – вертикальна) | Розряд зорової роботи | Природне освітлення | |
|--|---|-----------------------|--|-------------------------|
| | | | КПО, e_n , % | |
| | | | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Адміністративні будівлі (міністерства, відомства, комітети, префектури, муніципалітети управління, конструкторські та проєктні організації, науково-дослідні установи тощо) | | | | |
| 1. Кабінети і робочі кімнати | Г – 0,8 | Б-1 | – | 1,0 |
| 2. Проєктні зали і кімнати, конструкторські бюро | Г – 0,8 | А-1 | 5,0 | 2,0 |
| 3. Приміщення для роботи з дисплеями, дисплейні зали | Г – 0,8 на робочих столах | А-2 | 3,5 | 1,2 |
| 4. Конференц-зали, зали засідань | Г – 0,8 | Г | 2,0 | 0,5 |
| 5. Читальні зали, лабораторії | Г – 0,8 | А-2 | 3,0 | 1,0 |
| 6. Аналітичні лабораторії | Г – 0,8 | А-1 | – | 1,5 |
| Банківські та страхові установи | | | | |
| 7. Операційні та касові зали, кредитна група, приміщення для перерахування грошей | Г – 0,8 на робочих столах | А-2 | – | 1,0 |
| Установи загальної освіти, початкової, середньої та вищої спеціальної освіти | | | | |
| 8. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії шкіл і професійно-технічних установ | Г – 0,8 на робочих столах і партах | А-2 | 4,0 | 2,5 |
| 9. Аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і інших навчальних закладах | Г – 0,8 на робочих столах і партах | А-2 | 4,0 | 2,5 |
| 10. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки | Г – 0,8 на робочих столах і партах | Б-2 | 4,0 | 2,5 |
| 11. Кабінети технічного креслення та малювання | Г – 0,8 на робочих столах | А-1 | 4,0 | 2,5 |
| 12. Кабінети обслуговуючих видів праці для дітей | Г – 0,8 | А-2 | 4,0 | 2,5 |
| 13. Спортивні зали | Підлога Г – 0,0 | Б-2 | 3,0 | 1,0 |
| 14. Кригі басейни | Г – поверхня води | В-1 | 2,0 | 1,0 |
| Установи для дозвілля | | | | |
| 15. Виставкові зали | Г – 0,8 | Д | 2,0 | 0,5 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----------------|-----|-----|-----|
| 16. Кімнати гуртово, музичні класи | Г – 0,8 | Б-1 | – | 1,0 |
| Дитячі дошкільні заклади | | | | |
| 17. Роздягальні | Підлога Г – 0,0 | Б-2 | 2,5 | 1,5 |
| 18. Групові, ігрові, їдальні, кімнати музичних і гімнастичних занять | Г – 0,5 | А-2 | 4,0 | 1,5 |
| 19. Спальні | Г – 0,5 | В-2 | 2,0 | 1,5 |
| 20. Туалетні кімнати | Г – 0,5 | В-2 | 2,5 | 1,5 |
| 21. Палати ізоляторів | Г – 0,5 | Б-2 | 2,0 | 1,5 |
| Санаторії, будинки відпочинку | | | | |
| 22. Палати, спальні кімнати | Підлога Г – 0,0 | В-2 | – | 0,5 |
| Готелі | | | | |
| 21. Вітальні, номери | Г – 0,8 | В-1 | – | 0,3 |
| Житлові будинки, гуртожитки | | | | |
| 22. Житлові кімнати, вітальні, спальні, кухні | Г – 0,8 | В-1 | | 0,5 |
| Допоміжні будівлі та приміщення | | | | |
| 23. Оздоровчі пункти: ресстратура, кімната чергового кабінети лікаря, пере- в'язувальні процедурні кабінети | Г – 0,8 | Б-2 | – | 0,5 |
| | Г – 0,8 | Б-1 | – | 1,0 |
| | Г – 0,8 | А-1 | – | 0,5 |

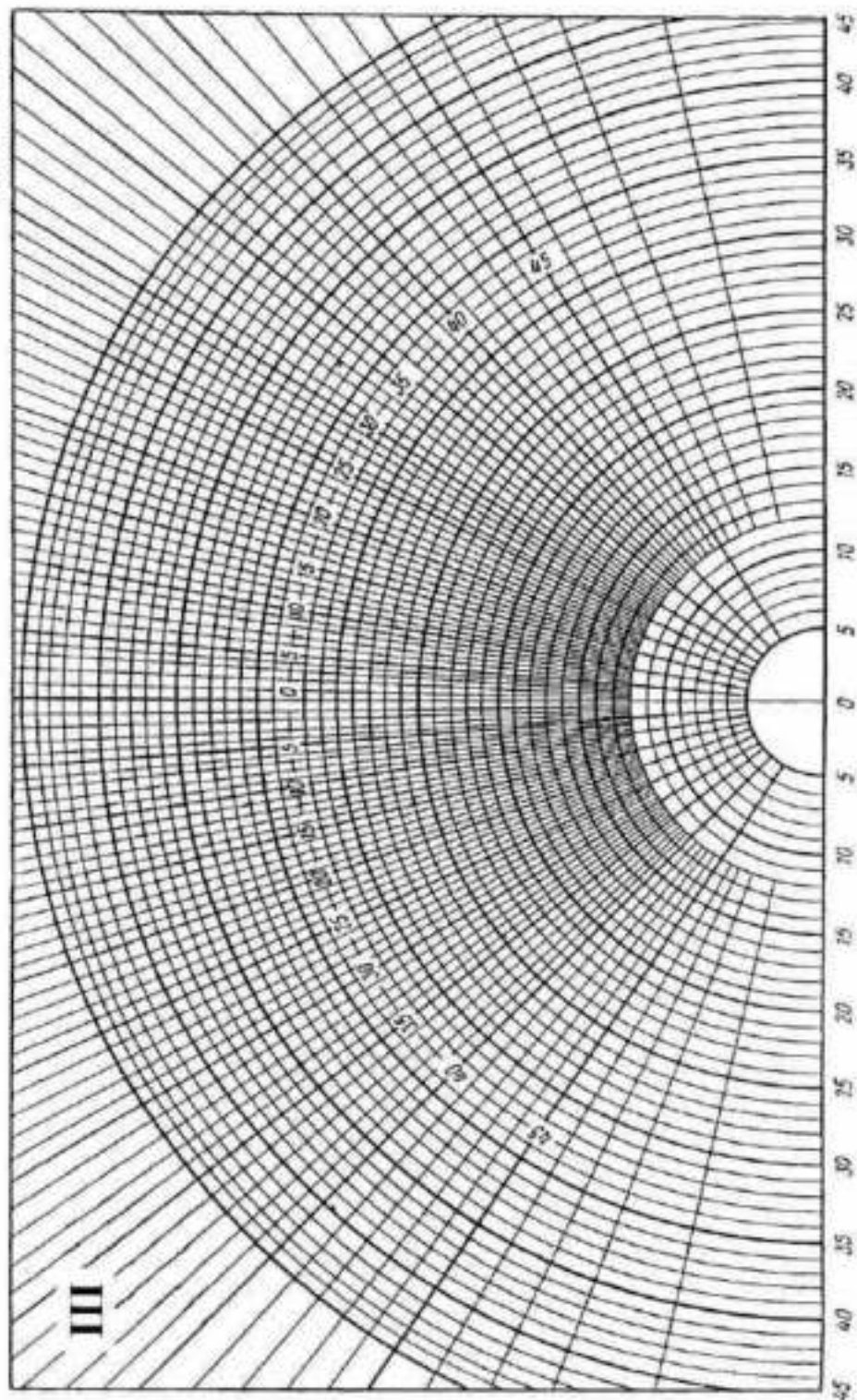
Додаток 2.14 (рекомендований)
Значення коефіцієнту запасу, K_z , [17]

| Приміщення та території | Приклади приміщень | Природне освітлення | | | |
|---|--|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Коефіцієнт запасу, K_z | | | |
| | | Кількість чиниць скла за рік | | | |
| | | Кут падіння світлопропускового матеріалу до горизонту, град | | | |
| | | 0...15 | 16...45 | 46...75 | 76...90 |
| 1. Виробничі приміщення з повітряним середовищем, які містять у робочій зоні: а) більше ніж 5 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви; | Агломерційні фабрики, цементні заводи і обрубувальні відділення ливарних цехів | $\frac{2,0}{4}$ | $\frac{1,8}{4}$ | $\frac{1,7}{4}$ | $\frac{1,5}{4}$ |
| | Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, збирного залізобетону | $\frac{1,8}{3}$ | $\frac{1,6}{3}$ | $\frac{1,5}{3}$ | $\frac{1,4}{3}$ |
| | Цехи інструментальні, складальні, механічні, механо-складальні, поштові | $\frac{1,6}{2}$ | $\frac{1,5}{2}$ | $\frac{1,4}{2}$ | $\frac{1,3}{2}$ |
| г) великі концентрації пару, кислоти, дугів, газів, спрможних при зіткненні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, дугів, а також які мають велику корозійну спроможність. | Цехи хімічних заводів із виготовлення кислот, дугів, ідких хімічних реактивів, као-хімкатів, добрив, цехи гальванічних покриттів і різних гідулей промисловості з застосуваннями електроділізу | $\frac{2,0}{3}$ | $\frac{1,8}{3}$ | $\frac{1,7}{3}$ | $\frac{1,5}{3}$ |
| 2. Приміщення громадських і житлових будівель: а) захищені з високою температурою, високою вологістю; | Гарячі цехи підприємств громадського харчування, охолоджувальні камери, приміщення для приготування розчинів у пральних, душових | $\frac{2,0}{3}$ | $\frac{1,8}{3}$ | $\frac{1,7}{3}$ | $\frac{1,6}{3}$ |
| | б) з нормальними умовами середовища. | Кабінети та робочі приміщення, житлові кімнати, навчальні приміщення, лабораторії, читальні зали, зали вистав, торговельні зали тощо | $\frac{1,5}{2}$ | $\frac{1,4}{2}$ | $\frac{1,3}{2}$ |





ГРАФІК II А.М. ДАНІЛЮКА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КПО [17, 40]



ГРАФІК III ДВІ РОЗРАХУНКУ КПО [17, 40]

Додаток 2.18 (рекомендований)

Співвідношення між деякими одиницями виміру фізичних величин

| Найменування та позначення величин | Одиниці (як позначення) | | Співвідношення одиниць |
|---|--|--|---|
| | Допускається до використання | Міжнародна система SI | |
| Довжина, <i>l</i> | сантиметр (см) | метр (м) | 1 см = 0,01 м |
| Площа, <i>A, S</i> | квадратний сантиметр (см ²) | квадратний метр (м ²) | 1 см ² = 0,0001 м ² |
| Об'єм, <i>V</i> | кубичний сантиметр (см ³) | кубичний метр (м ³) | 1 см ³ = 0,000001 м ³ |
| Густина, ρ | грам на кубичний сантиметр (г/см ³) | кілограм на кубичний метр (кг/м ³) | 1 г/см ³ = 1000 кг/м ³ |
| Сила, навантаження, вага, <i>F (P, Q, R, W)</i> | кілограм-сила (кгс), тонна-сила (тс), 1 тс = 1000 кгс | Ньютон (Н), кілоньютон (кН), 1 кН = 1000 Н | 1 кгс = 9,8 Н ≈ 10 Н |
| Лінійне навантаження <i>p, q</i> | кілограм-сила на метр (кгс/м), тонна-сила на метр (тс/м) | Ньютон на метр (Н/м), кілоньютон на метр (кН/м) | 1 кгс/м = 10 Н/м 1 тс/м ≈ 10 кН/м |
| Поверхневе навантаження <i>p, q</i> | кілограм-сила на квадратний метр (кгс/м ²), тонна-сила на квадратний метр (тс/м ²) | ньютон на квадратний метр (Н/м ²), кілоньютон на квадратний метр (кН/м ²) | 1 кгс/м ² = 10 Н/м ² 1 тс/м ² = 10 кН/м ² |
| Напруга, тиск, модулі деформації σ, ϵ, E, G | кілограм-сила на квадратний сантиметр (кгс/см ²), тонна-сила на квадратний метр (тс/м ²) | Паскаль (Па), кілопаскаль (кПа), мегапаскаль (Мпа), 1 МПа = 10 ³ кПа = 10 ⁶ Па | 1 кгс/см ² = 10 ⁵ Па = 100 кПа ≈ 0,1 МПа 1 тс/м ² = 10 ⁷ Па ≈ 1000 кПа ≈ 1 МПа |
| Момент сили, <i>M</i> | кілограм-сила – метр (кгс м), тонна-сила – метр (тс м) | Ньютон – метр (Н м), кілоньютон – метр (кН м) | 1 кгс м = 10 Н м 1 тс м = 10 кН м |
| Момент опору плоскої фігури, <i>W</i> | сантиметр у третьому степені (см ³) | метр у третьому степені (м ³) | 1 см ³ = 10 ⁻⁶ м ³ |
| Момент інерції площі плоскої фігури ослової, <i>I</i> | сантиметр у четвертому степені (см ⁴) | метр у четвертому степені (м ⁴) | 1 см ⁴ = 10 ⁻⁸ м ⁴ |
| Температура, <i>t</i> | градус Цельсія (°C) | градус Кельвіна (К) | 1 °C = 1К |
| Теплопровідність, λ | кілокалорія на метр – годину – градус Цельсія, ккал/(м год °C) | ватт на метр – градус Кельвіна, Вт/(м К) | 1 ккал/(м год °C) = 0,859 Вт/(м К) |
| Опір теплопередачі, <i>R</i> | квадратний метр – година – градус Цельсія на кілокалорію, м ² год °C/ккал | квадратний метр – градус Кельвіна на ватт, м ² К/Вт | 1 м ² год °C/ккал = 1,163 м ² К/Вт |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Благовощенский Ф.А., Букина Е.Ф.* Архитектурные конструкции/ Благовощенский Ф.А., Букина Е.Ф. – М.: Архитектура-С, 2005. – 232 с.
2. *Великовский Л.Б., Гуляницкий Н.Ф., Ильинский В.М. и др.* Архитектура гражданских и промышленных зданий/ Великовский Л.Б., Гуляницкий Н.Ф., Ильинский В.М. и др. Т.2. Основы проектирования. – М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.
3. *Великовский Л.Б., Ильяшев А.С., Маклакова Т.Г. и др.* Архитектура гражданских и промышленных зданий/ Великовский Л.Б., Ильяшев А.С., Маклакова Т.Г. и др. Т.3. Жилые здания. – М.: Стройиздат, 1983. – 239 с.
4. *Гетун Г.В.* Основы проектирования промышленных зданий/ Гетун Г.В. – К.: КОНДОР, 2003. – 210 с.
5. *Гетун Г.В., Криштон Б.Г.* Багатоповерхові каркасно-монолітні житлові будинки/ Гетун Г.В., Криштон Б.Г. – К.: КОНДОР, 2005. – 220 с.
6. *ГОСТ 28984-91.* Модульная координация размеров в строительстве. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 18 с.
7. *ГОСТ 27751-88.* Надежность строительных конструкций и оснований. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 7 с.
8. *Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К.* Жилище для человека/ Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. – М.: Стройиздат, 1991. – 227 с.
9. *ДБН 360-92*.* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Мінбудархітектури України, 1993. – 110 с.
10. *ДБН А.2.2-3-2004.* Склад, порядок розроблення, погодження проектної документації для будівництва. – К.: Держбуд України, 2004 – 35 с.
11. *ДБН В.2.2-9-99.* Громадські будинки та споруди. – К.: Держбуд України, 1999 – 47с.
12. *ДБН В.1.1-7-2002.* Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 41 с.
13. *ДБН В.2.2-15-2005.* Житлові будинки. Основні положення. – К.: Держбуд України, 2005. – 36 с.
14. *ДБН В.1.2-2-2006.* Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.
15. *ДБН В.2.6-31-2006.* Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.
16. *ДБН В.1.1-12-2006.* Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 82 с.
17. *ДБН В.2.5-28-2006.* Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006. – 77 с.

18. ДБН В.1.2-10-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008 – 98 с.
19. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
20. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.
21. ДБН В.2.2-24:2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 103 с.
22. ДК 018-2000. Державний класифікатор будівель та споруд. – К.: Держстандарт України, 2000. – 24 с.
23. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с.
24. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 68 с.
25. Дехтяр С.Б., Армановский Л.И. и др. Архитектурные конструкции гражданских зданий/ Дехтяр С.Б., Армановский Л.И. и др. – К.: Будівельник, 1987. – 222 с.
26. Дыховичный Ю.А., Казбек-Казиев З.А., Марцинчик А.Б. и др. Архитектурные конструкции. Книга I. Архитектурные конструкции малоэтажных жилых зданий/ Дыховичный Ю.А., Казбек-Казиев З.А., Марцинчик А.Б. и др. – М.: Архитектура-С, 2005. – 248 с.
27. Дыховичный Ю.А., Казбек-Казиев З.А., Даумова Р.И. и др. Архитектурные конструкции. Книга II. Архитектурные конструкции многоэтажных зданий/ Дыховичный Ю.А., Казбек-Казиев З.А., Даумова Р.И. и др. – М.: Архитектура-С, 2007. – 248 с.
28. Дятков С.В., Михеев А.П. Архитектура промышленных зданий/ Дятков С.В., Михеев А.П. – М.: Ассоциация строительных вузов, 1998. – 408 с.
29. Ильинский В.М. Строительная теплофизика/ Ильинский В.М. – М.: Высшая школа, 1974. – 320 с.
30. Казбек-Казиев З.А., Беспалов В.В., Дыховичный Ю.А. и др. Архитектурные конструкции/ Казбек-Казиев З.А., Беспалов В.В., Дыховичный Ю.А. и др. – М., Архитектура-С, 2006. – 344 с.
31. Каминский В.П., Георгиевский О.В., Будасов Б.В. Строительное черчение/ Каминский В.П., Георгиевский О.В., Будасов Б.В. – М.: Архитектура-С, 2004. – 456 с.
32. Коврыгин С.Д., Крышов С.И. Архитектурно-строительная акустика/ Коврыгин С.Д., Крышов С.И. – М.: Высшая школа, 1986. – 256 с.
33. Король В.П. Архитектурное проектирование жилья/ Король В.П. – К.: ФЕНІКС, 2006. – 208 с.

34. *Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та інші.* Будівельне матеріалознавство: Підручник/ Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін. – К.: ТОВ УВПК Екс об, 2006, 704 с.
35. *Лисициан М.В., Пашковський В.Л., Петунина З.В. и др.* Архитектурное проектирование жилых зданий/ Лисициан М.В., Пашковський В.Л., Петунина З.В. и др. – М.: Архитектура-С, 2006. – 488 с.
36. *Лишкевич В.К.* Жилище и климат/ Лишкевич В.К. – М.: Стройиздат, 1984. – 288 с.
37. *Лишкевич В.К., Макриненко Л.И., Мигалина И.В. и др.* Архитектурная физика/ Лишкевич В.К., Макриненко Л.И., Мигалина И.В. и др. – М.: Стройиздат, 1998. – 448 с.
38. *Маклакова Т.Г., Нанасова С.М.* Конструкции гражданских зданий/ Маклакова Т.Г., Нанасова С.М. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2000. – 280 с.
39. *Маклакова Т.Г., Нанасова С.М., Шараненко В.Г.* Проектирование жилых и общественных зданий: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. Т.Г.Маклаковой/ Маклакова Т.Г., Нанасова С.М., Шараненко В.Г. – М.: Высш. шк., 1998. – 400 с.
40. *Малишев О.М., Віроцький В.Д., Нілов О.О., Сергійчук О.В. та ін.* Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд/ Малишев О.М., Віроцький В.Д., Нілов О.О., Сергійчук О.В. та ін. – К.: Віддунія, 2007, 708 с.
41. *Мхитарян Н.М.* Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве: Монография/ Мхитарян Н.М. – К.: Наукова думка, 2000. – 417 с.
42. *Нойферд П., Нефф Л.* Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад: Перевод с нем. – Третье изд., переработанное и дополненное/ Нойферд П., Нефф Л. – М.: Издательство Архитектура-С, 2005. – 264 с.
43. *Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В. та ін.* Металеві конструкції: Підручник/ Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В. та ін. – К.: Видавництво Сталь, 2008. – 812 с.
44. *Підгорний О.Л., Щепетова І.М., Сергійчук О.В., Зайцев О.М., Процюк В.П.* Світлопрозорі огороження будинків/ Підгорний О.Л., Щепетова І.М., Сергійчук О.В., Зайцев О.М., Процюк В.П. – К.: Видавець Домашевська О.А., 2005. – 282 с.
45. *Пономарев В.А.* Архитектурное конструирование: Учебник/ Пономарев В.А. – М.: Архитектура-С, 2008. – 736 с.
46. *Римша А.Н.* Градостроительство в условиях жаркого климата: Учебник для вузов/ Римша А.Н. – М.: Стройиздат, 1979. – 312 с.
47. *Русскевич Н.Л., Ткач Д.И., Ткач М.Н.* Справочник по инженерно-строительному черчению/ Русскевич Н.Л., Ткач Д.И., Ткач М.Н. – К.: Будівельник, 1987. – 264 с.

48. *Сергейчук О.В.* Архитектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огорожуваних конструкцій будинків. Навч. посібник/ Сергейчук О.В. – К.: Такі справи, 1999. – 156 с.
49. *Сергейчук О.В.* Строительная физика. Акустика: Учеб. пособие/ Сергейчук О.В. – К.: МК ВО, 1992. – 120 с.
50. *Скриль І.Н., Скриль С.І.* Основи архітектурної світлології: Навч. посібник/ Скриль І.Н., Скриль С.І. – К.: Вища школа, 2006. – 214 с.
51. *СНиП 2.01-82.* Строительная климатология и геофизика. – М.: 1983. – 136 с.
52. *СНиП 2.03.01-84.* Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: 1985. – 79 с.
53. *Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В.* Энергоэффективные здания/ Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
54. *Туполев М.С., Попов А.Н., Попов А.А. и др.* Архитектурные конструкции/ Туполев М.С., Попов А.Н., Попов А.А. и др. – М., Архитектура-С, 2006. – 240 с.
55. *Фаренюк Г.Г.* Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій/ Фаренюк Г.Г. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
56. *Фокин К.Ф.* Строительная теплотехника ограждающих частей зданий/ Фокин К.Ф. – М.: Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 320 с.
57. *Цимбал С.Й.* Підземне будівництво: Навч. посібник/ Цимбал С.Й. – К.: КНУБА, 2004. – 148 с.
58. *Черненко В.К., Ярмоленко М.Г., Батура Г.М. та ін.* Технологія будівельного виробництва/ Черненко В.К., Ярмоленко М.Г., Батура Г.М. та ін. – К., Вища школа, 2002. – 430 с.
59. *Шерешевский И.А.* Конструирование гражданских зданий/ Шерешевский И.А. – М., Архитектура-С, 2005. – 176 с.
60. *Шерешевский И.А.* Конструирование промышленных зданий и сооружений/ Шерешевский И.А. – М., Архитектура-С, 2005. – 168 с.
61. *Шубин Л.Ф.* Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т.5. Промышленные здания/ Шубин Л.Ф. – М.: Стройиздат, 1986. – 335 с.

| | |
|--|------------|
| Передмова..... | 3 |
| 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ..... | 7 |
| 1.1 Класифікація будівель і споруд..... | 7 |
| 1.2. Будівлі та їх елементи, основні поняття і визначення..... | 9 |
| 1.2.1. Об'ємно-планувальні елементи..... | 10 |
| 1.2.2. Будівельні конструкції..... | 17 |
| 1.2.3. Архітектурно-конструктивні елементи..... | 21 |
| 1.2.4. Будівельні вироби..... | 28 |
| 1.3. Основні вимоги до будівель та їх елементів..... | 29 |
| 1.3.1. Функціональні вимоги..... | 29 |
| 1.3.2. Вимоги надійності та конструктивної безпеки..... | 32 |
| 1.3.3. Вимоги пожежної безпеки об'єктів будівництва..... | 38 |
| 1.3.4. Естетичні вимоги..... | 48 |
| 1.3.5. Економічні вимоги..... | 49 |
| 1.4. Основні положення розрахунку будівельних конструкцій..... | 50 |
| 1.4.1. Навантаження і впливи на будівлі та споруди..... | 50 |
| 1.4.2. Деформації та граничні стани будівельних конструкцій..... | 56 |
| 1.5. Деформаційні шви будівель..... | 66 |
| 1.6. Конструктивні системи будівель..... | 71 |
| 1.7. Будівельні системи будівель..... | 89 |
| 1.8. Нормативно-технічні основи архітектурно-будівельного проектування..... | 105 |
| 1.8.1. Модульна координація розмірів у будівництві..... | 105 |
| 1.8.2. Правила розмірної прив'язки конструктивних елементів будівель до координаційних осей..... | 111 |
| 1.8.3. Типизація у будівництві..... | 117 |
| 1.8.4. Стандартизація, уніфікація та сертифікація у будівництві..... | 118 |
| 1.9. Склад і порядок розроблення проектної документації для будівництва..... | 120 |
| 1.9.1. Правила виконання архітектурно-будівельних креслень..... | 123 |
| 1.10. Техніко-економічна оцінка проектних рішень будівель..... | 131 |
| Анотація та висновки до викладеної інформації у розділі 1..... | 133 |
| 2. ОСНОВИ БУДІВЕЛЬНОЇ ФІЗИКИ..... | 135 |
| 2.1. Архітектурно-будівельна кліматологія..... | 136 |
| 2.1.1. Кліматичні фактори та їх вплив на конструкції будівель, їх об'ємно-планувальні рішення і містобудівельні утворення..... | 136 |
| 2.1.2. Принципи кліматичного районування..... | 148 |
| 2.1.3. Будівельно-кліматичне районування території України..... | 151 |

| | |
|---|------------|
| 2.1.4. Мікроклімат приміщень будівель..... | 167 |
| 2.2. Теплова ізоляція будівель..... | 170 |
| 2.2.1. Енергозбереження в будівництві..... | 170 |
| 2.2.2. Задачі та методи будівельної теплофізики..... | 175 |
| 2.2.3. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будівель... .. | 181 |
| 2.2.4. Особливості теплотехнічного розрахунку неоднорідної огорожувальної конструкції..... | 187 |
| 2.2.5. Проектування теплоізоляційної оболонки будівель за тепловитратами на опалення..... | 193 |
| 2.2.6. Визначення показників теплостійкості будівель..... | 196 |
| 2.2.7. Визначення показників теплозастосовності підлоги..... | 202 |
| 2.2.8. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій..... | 205 |
| 2.2.9. Визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій..... | 215 |
| 2.2.10. Основи аерації будівель..... | 222 |
| 2.3. Будівельна світлотехніка..... | 226 |
| 2.3.1. Основні поняття та визначення..... | 226 |
| 2.3.2. Природне освітлення..... | 232 |
| 2.3.3. Основи світлотехнічного розрахунку..... | 239 |
| 2.3.4. Основи інсоляції житла..... | 256 |
| 2.4. Архітектурно-будівельна акустика..... | 260 |
| 2.4.1. Основні положення акустики..... | 260 |
| 2.4.2. Архітектурна акустика..... | 267 |
| 2.4.3. Будівельна акустика..... | 275 |
| 2.4.4. Шумозахист і звукоізоляція в містах і будівлях..... | 285 |
| 2.4.5. Забезпеченню необхідної звукоізоляції огорожувальних конструкцій будівель..... | 305 |
| <i>Анотація та висновки до викладеної інформації у розділі 2.....</i> | <i>308</i> |
| <i>Додаток 1.1 (обов'язковий). Класифікація будівель та споруд за функціональним призначенням</i> | <i>311</i> |
| <i>Додаток 1.2 (обов'язковий). Об'ємно-планувальні показники житлових і нежитлових будівель.....</i> | <i>321</i> |
| <i>Додаток 1.3 (рекомендований). Вогнезахисні склади речовин для підвищення вогнестійкості несучих металевих конструкцій.....</i> | <i>322</i> |
| <i>Додаток 1.4 (рекомендований). Марки основних комплектів робочих креслень.....</i> | <i>323</i> |
| <i>Додаток 1.5 (обов'язковий). Умовні графічні зображення будівельних конструкцій та їх елементів.....</i> | <i>324</i> |
| <i>Додаток 1.6 (рекомендований). Графічні зображення матеріалів у розрізах і видах.....</i> | <i>331</i> |
| <i>Додаток 1.7 (рекомендований) Умовні графічні зображення елементів санітарно-технічних пристроїв</i> | <i>332</i> |
| <i>Додаток 2.1 (довідковий). Напрямок і швидкість вітру для міст України.....</i> | <i>333</i> |

| | |
|---|-----|
| <i>Додаток 2.2</i> (довідковий). Кліматичні параметри холодного періоду року для міст України..... | 335 |
| <i>Додаток 2.3</i> (довідковий). Кліматичні параметри теплового періоду року для міст України..... | 337 |
| <i>Додаток 2.4</i> (довідковий). Характеристичні значення вітрових, снігових і ожеледно-вітрових навантажень для міст України..... | 339 |
| <i>Додаток 2.5</i> (обов'язковий). Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів..... | 344 |
| <i>Додаток 2.6</i> (довідковий). Визначення розрахункових параметрів енергетичного паспорту..... | 352 |
| <i>Додаток 2.7</i> (обов'язковий). Форма енергетичного паспорта будівлі..... | 353 |
| <i>Додаток 2.8</i> (довідковий). Коефіцієнт поглинання сонячної радіації, χ , матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції..... | 358 |
| <i>Додаток 2.9</i> (довідковий). Коефіцієнт нерівномірності теплоїдачі систем опалення, m | 361 |
| <i>Додаток 2.10</i> (довідковий). Значення температури точки роси $t_{р}$, °С, при різних температурах і відносних вологостях повітря..... | 361 |
| <i>Додаток 2.11</i> (довідковий). Значення парціального тиску насиченої водяної пари, E_s , Па, при нормальному атмосферному тиску $P=101325$ Па..... | 362 |
| <i>Додаток 2.12</i> (рекомендований). Нормовані показники освітлення приміщень промислових будівель..... | 363 |
| <i>Додаток 2.13</i> (рекомендований). Нормовані показники освітлення основних приміщень громадських, житлових і допоміжних будівель..... | 364 |
| <i>Додаток 2.14</i> (рекомендований). Значення коефіцієнтів запасу, K_z | 366 |
| <i>Додаток 2.15</i> . Графік I А.М.Данилюка для розрахунку КПО..... | 367 |
| <i>Додаток 2.16</i> . Графік II А.М.Данилюка для розрахунку КПО..... | 368 |
| <i>Додаток 2.17</i> . Графік III А.М.Данилюка для розрахунку КПО..... | 369 |
| <i>Додаток 2.18</i> (довідковий). Співвідношення між деякими одиницями виміру фізичних величин..... | 370 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | 371 |
| ЗМІСТ | 375 |



Доцент кафедри архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва та архітектури, кандидат технічних наук, дійсний член Академії будівництва України по відділенню індустріального і житлового будівництва.

Народилася в 1953 році у м. Києві. У 1975 році закінчила будівельний факультет за спеціальністю «Промислове і цивільне будівництво» Київського інженерно-будівельного інституту.

Працювала з 1975 року по 1978 рік інженером та старшим інженером в інституті «Діпрохіммаш», брала безпосередню участь у проектуванні промислових підприємств хімічного машинобудування.

У 1981 році закінчила аспірантуру кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій, а в 1983 році захистила дисертацію за темою: «Експериментально-теоретичні дослідження згинних залізобетонних конструкцій, підсилені у розтягнутій зоні шаром сталевібробетону» за спеціальністю «Будівельні конструкції».

З 1986 року працювала асистентом, а з 1990 року по теперішній час – доцентом кафедри архітектурних конструкцій КНУБА.

Володіє високим професійним рівнем педагогічної майстерності та великим практичним досвідом. На протязі останніх десяти років приймає активну участь у підготовці та проведенні змагань I та II етапів Всеукраїнської студентської олімпіади спеціальності «Промислове та цивільне будівництво». За плідну роботу з обдарованою студентською молоддю вона нагороджена «Почесною грамотою Міністерства освіти і науки України» та нагрудним знаком «Відмінник освіти України».

Основні напрямки наукової діяльності – дослідження проблем удосконалення об'ємно-планувальних і конструктивних рішень житлових і нежитлових будівель, підвищення їх експлуатаційної та енергетичної ефективності.

Є автором 96-ти наукових праць та навчально-методичних видань, зокрема навчальних посібників для вузів «Проектування сталевібробетонних конструкцій» (1989), «Основи проектування промислових будівель» (2003), «Багатоповерхові каркасно-монолітні житлові будинки» (2005), «Архітектура будівель та споруд. Основи проектування» (2011).

Навчальне видання

Гетун Галина В'ячеславівна

Архітектура будівель і споруд

Книга 1

Основи проектування

Видання друге, перероблене та доповнене

Підручник

Редактор *Василенко Людмила Геннадіївна*

Коректор *Котенко Катерина Михайлівна*

Комп'ютерна верстка *Василенко Людмила Геннадіївна*

Дизайн обкладинки *Куташенко Валерій Сергійович*

ТОВ «Кондор-Видвигництво»

Свідоцтво Серія А01 №376847 від 28.07.2010 р.

03067, м. Київ, вул.Гарматна, 29/31

тел./факс (044) 408-76-17, 408-76-25

Написано до друку 17.01.2012 р. Формат 70х100/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Об'єм видав. арк. 36,14. Ум. друк. арк. 30,63. Наклад 500 прим. Зам. № 158

Віддруковано з готових даних друку в ТзОВ "Терно-граф",
звізство суб'єкта видавничої справи ТР № 24 від 28.12.04 р.
46020, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 18, тел. 52-28-97, 52-28-79

