

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

О. С. Скрипник, М. Ю. Іващенко

БУДІВЛІ І СПОРУДИ ТА ЇХ ПОВЕДІНКА
В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів денної та заочної форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

УДК 331.4:355.58:699.8](07)
С45

Скрипник О. С. Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання, першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист» / О. С. Скрипник, М. Ю. Іващенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 158 с.

Автори:

канд. техн. наук, О. С. Скрипник,
канд. техн. наук М. Ю. Іващенко

Рецензенти:

А. С. Рогозін, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

В. Г. Брусенцов, доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці та оточуючого середовища (Український державний університет залізничного транспорту)

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності,
протокол № 1 від 29.08.2019.*

Конспект лекцій складено з метою допомогти студентам спеціальності «Цивільна безпека» під час підготовки до занять та екзамену із курсу «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДІВЛІ І СПОРУДИ.....	7
1.1 Поняття про будівлі і споруди та вимоги до них.....	7
1.2 Нормативні документи будівельної галузі.....	8
1.3 Категорія складності об'єкта будівництва.....	9
1.4 Склад та зміст проєктної документації на будівництво.....	10
1.5 Класифікація будівель та споруд.....	12
1.6 Відомості про методи розрахунку будівельних конструкцій.....	14
ТЕМА 2 ЕЛЕМЕНТИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.....	17
2.1 Міцність, жорсткість, стійкість, вимоги до конструктивних елементів.....	17
2.2 Конструктивні елементи будівель.....	18
2.3 Конструктивні типи та схеми будівель.....	29
2.4 Об'ємно-планувальні елементи будівель та їх рішення.....	30
2.5 Підйомно-транспортне обладнання промислової будівлі.....	32
ТЕМА 3 НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ НА БУДІВЛІ ТА ЇХ КОНСТРУКЦІЇ.....	34
3.1 Надійність будівельних об'єктів.....	34
3.2 Класифікація навантажень.....	35
3.3 Нормативні і розрахункові навантаження.....	37
3.4 Несилові впливи та захист від їх дії.....	38
ТЕМА 4 ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	41
4.1 Фізичне та моральне зношування будівель і споруд.....	41
4.2 Параметри експлуатаційних якостей будівель.....	41
4.3 Система технічної експлуатації будівель.....	42
ТЕМА 5 ДЕФЕКТИ ТА ПОШКОДЖЕННЯ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	47
5.1 Деформації будівель та споруд.....	47
5.2 Ознаки пошкоджень та деформацій.....	48
5.3 Механізм корозійного процесу руйнування конструкцій.....	49
5.4 Характерні уразливі місця конструкцій будівель та споруд.....	51
ТЕМА 6 БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ЯК БАЗОВИЙ ЕЛЕМЕНТ МІЦНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР.....	53
6.1 Основні відомості про будівельні матеріали.....	53
6.2 Методи випробування матеріалів, виробів і конструкцій.....	57
ТЕМА 7 ПОВЕДІНКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	60
7.1 Схема оцінки прогнозування та регулювання поведінки будівельних матеріалів в умовах пожежі.....	60
7.2 Особливості поведінки природних кам'яних матеріалів при нагріванні.....	62

7.3 Силікатні матеріали, способи їх виготовлення та особливості поведінки при нагріванні.....	64
7.4 Поведінка металів і сплавів при нагріванні.....	68
7.5 Вплив високих температур на бетон та залізобетон.....	69
7.6 Поведінка деревини при підвищенні температури.....	70
7.7 Вплив високих температур на будівельні матеріали і вироби з пластмасс.....	71
ТЕМА 8 ПОВЕДІНКА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ.....	76
8.1 Вогнестійкість будівельних конструкцій. Терміни і визначення.....	76
8.2 Нормування вогнестійкості будівельних конструкцій.....	78
8.3 Загальні положення розрахунку конструкцій на вогнестійкість.....	79
ТЕМА 9 ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ДІЇ ПОЖЕЖІ.....	81
9.1 Навантаження на будівлі під час дії пожежі.....	81
9.2 Теплове навантаження на конструкції будівель.....	82
9.3 Зниження експлуатаційних якостей конструкцій при пожежі.....	82
9.4 Граничний стан конструкцій за вогнестійкістю.....	83
ТЕМА 10 ОБСТЕЖЕННЯ Й ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ.....	86
10.1 Види обстежень.....	86
10.2 Методика обстеження конструкцій і споруд.....	87
10.3 Оцінка технічного стану окремих конструкцій та будівель.....	89
10.4 Загальні принципи підсилення конструкцій.....	91
ТЕМА 11 ВПЛИВ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ.....	93
11.1 Загальні поняття про землетруси.....	93
11.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах.....	96
11.3 Міцність будівельних матеріалів при сейсмічних навантаженнях.....	99
11.4 Системи сейсмозахисту будівель і споруд.....	102
11.5 Методи розрахунку будівель на сейсмічні впливи.....	109
РОЗДІЛ 12 ВПЛИВ ВИБУХУ НА БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ.....	111
12.1 Загальні відомості про вибух.....	111
12.2 Поведінка будівельних конструкцій при вибухах.....	115
12.3 Розрахунок параметрів вибуху.....	123
12.4 Розрахунок площі легкоскидних конструкцій.....	128
ТЕМА 13 ВПЛИВ ПРОСІДАЮЧИХ ҐРУНТІВ, ПІДРОБЛЮВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА РАЙОНІВ З КЛІМАТИЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ НА РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД	131
13.1 Вплив просідаючих ґрунтів на руйнування будівель та споруд....	131
13.2 Вплив підроблюваних територій на руйнування будівель та споруд.....	132
13.3 Вплив районів з кліматичними особливостями на руйнування будівель та споруд.....	133

ТЕМА 14 ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ КОНСТРУКЦІЙ	136
14.1 Відновлення та підсилення фундаментів основ, фундаментів і підвальних приміщень.....	136
14.2 Відновлення сходів.....	140
14.3 Відновлення перекриттів, перегородок та дахів.....	141
14.4 Відновлення та підсилення стін і елементів фасадів.....	148
14.5 Відновлення каркасів будівель.....	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	157

ВСТУП

Будівництво значно впливає на формування штучного середовища життєдіяльності людини, якість його життя і виробничої діяльності. Створення будь-якого будівельного об'єкта здійснюється на основі прийняття рішень, пов'язаних з втручанням в навколишнє середовище. Побудований об'єкт, як правило, являє собою також складну техногенну систему, яка за певних обставин перетворюється в джерело небезпечних впливів на людину і навколишнє середовище.

Будинки й споруди часто виступають як оболонка складної виробничої технології, яка багато в чому визначає ступінь впливу об'єкта на навколишнє середовище в разі виникнення природних і техногенних аварій і катастроф. В даний час проблеми забезпечення комплексної безпеки, підвищення якості і надійності, енерго- і ресурсозбереження займають одне з центральних місць у будівельній науці і практиці.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є аспекти будівельних об'єктів, які пов'язані з ризиком руйнувань або тілесних пошкоджень людей, що виникають на будівельному об'єкті чи поряд з ним, з будь-якої причини.

Метою дисципліни «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій» є теоретична і практична підготовка фахівців що володіють спеціальною термінологією, розуміють закономірності проєктування та зведення будівель і споруд; особливості поведінки будівельних матеріалів і конструкцій у нормальних умовах та при дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій; здатних застосувати методи розрахунку щодо роботи будівельних конструкцій в нормальних умовах та при дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій, прогнозувати небезпеки будівель та споруд на стадії їх будівництва та експлуатації.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій» є: надбання майбутніми фахівцями теоретичних знань та практичних навичок з питань проєктування, будівництва та експлуатації будівельних об'єктів з урахуванням їх поведінки в умовах надзвичайних ситуацій; вивчення нормативних документів з питань проєктування, будівництва та експлуатації споруд з урахуванням їх поведінки в умовах надзвичайних ситуацій; опанування методики перевірки відповідності інженерно-технічних рішень в будівлях та спорудах нормативним вимогам.

ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДІВЛІ І СПОРУДИ

- 1.1 Поняття про будівлі і споруди та вимоги до них
- 1.2 Нормативні документи будівельної галузі
- 1.3 Категорія складності об'єкта будівництва
- 1.4 Склад та зміст проєктної документації на будівництво
- 1.5 Класифікація будівель та споруд
- 1.6 Відомості про методи розрахунку будівельних конструкцій

1.1 Поняття про будівлі і споруди та вимоги до них

У будівельній практиці розрізняють поняття «будівля» і «споруда».

Споруди це будівельні системи, пов'язані з землею, які створені з будівельних матеріалів, напівфабрикатів, устаткування та обладнання в результаті виконання різних будівельно-монтажних робіт.

Будівля це споруда, що складається з несучих та огорожувальних або сполучених (несучо-огорожувальних) конструкцій, які утворюють наземні або підземні приміщення, призначені для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів.

Інженерні споруди – усі інші споруди, що не належать до будівель і призначені для виконання суто технічних завдань (міст, телевізійна щогла, тунель, станція метро, димар, резервуар тощо).

Три групи взаємно пов'язаних між собою частин або елементів будівель і споруд:

- об'ємно-розпланувальні елементи – великі частини, на які можна розділити всю будівлю (поверх, окреме приміщення, сходовий марш);
- конструктивні елементи – окремі частини будівлі, які визначають його структуру, складають його скелет (фундаменти, стіни, перекриття, сходи, дах тощо);
- будівельні вироби – порівняно дрібні деталі, з яких складаються конструктивні елементи.

Усі будівлі і споруди мають відповідати наступним вимогам:

- доцільності;
- архітектурно-художні;
- функціональні;
- технічні;
- експлуатаційні;
- економічним;
- екологічні;
- спеціальні.

Вимога доцільності стосується будівель і споруд у цілому, їхніх структурних частин і окремих елементів, композиційних, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень тощо.

Функціональні вимоги, тобто будівля повинна повністю відповідати тому процесові, для якого вона призначена (зручність проживання, праці, відпочинку

тощо).

Технічні вимоги тобто будівля має надійно захищати людей від зовнішніх впливів (низьких або високих температур, опадів, вітру), бути міцною і стійкою, тобто витримувати різні навантаження, і довговічною, тобто зберігати нормальні експлуатаційні якості в часі.

Архітектурно-художні вимоги, тобто будівля повинна бути привабливою за своїм зовнішнім (екстер'єром) і внутрішнім (інтер'єром) виглядом, позитивно впливати на психологічний стан і свідомість людей;

Експлуатаційні вимоги визначаються складом, розмірами і взаємним розташуванням приміщень, їх внутрішнім оздобленням, інженерно-технічним устаткуванням і санітарно-технічним обладнанням, зручністю монтажу і демонтажу функціонального обладнання чи технологічного устаткування

Екологічні вимоги – будівництво не можна здійснювати без проведення екологічної експертизи, тобто без висновків відповідних фахівців щодо величини наслідків несприятливого впливу проєктованої окремої будівлі чи споруди, або будь-якого комплексу з них на навколишнє середовище та на здоров'я людини

Економічні вимоги передбачають найоптимальніші для цього виду будівлі затрати праці, коштів і часу на спорудження її. При цьому потрібно також поряд з одночасними затратами на будівництво враховувати і витрати, пов'язані з експлуатацією будівлі.

Спеціальними вимогами можуть бути деякі з числа розглянутих при акцентованій увазі до них, зокрема, підвищена комфортність

Головними з перелічених вимог є функціональні і технічні.

1.2 Нормативні документи будівельної галузі

Будівельні норми це нормативні документи щодо нормування, які розроблено на засадах згоди більшості заінтересованих сторін і прийнято визнаним органом, в якому встановлені для загального та багаторазового застосування загальні принципи, правила, норми, характеристики, що стосуються визначених об'єктів нормування в галузі будівництва.

Основні положення системи стандартизації і нормування України в будівництві, класифікація нормативних документів у галузі будівництва, види нормативних документів та основні вимоги до їх змісту викладені в ДБН А1.1-1-93 «Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення». Вимоги норм обов'язкові для всіх організацій-розробників та користувачів нормативних документів в галузі будівництва.

Види нормативних документів України в галузі будівництва.

Державні стандарти України (ДСТУ) встановлюють організаційно-методичні та загально-технічні вимоги до об'єктів будівництва і промислової продукції будівельного призначення, вони забезпечують їх розроблення, виробництво (виготовлення) та експлуатацію (використання). ДСТУ затверджуються Мінрегіонбудом України.

Державні будівельні норми (ДБН) розробляються на продукцію, процеси та послуги в галузі містобудування (вишукування, проєктування, територіальна

діяльність, планування і забудова населених пунктів та територій), зведення, реконструкції й реставрації об'єктів будівництва, а також у галузі організації, технології, управління та економіки будівництва. ДБН затверджуються Мінрегіонбудом України.

Відомчі будівельні норми (ВБН) розробляються за відсутності ДБН або за необхідності встановлення вимог, що перевищують (доповнюють) вимоги ДБН, з урахуванням специфіки діяльності організацій та підприємств цього відомства, і затверджуються цим відомством.

Регіональні будівельні норми (РБН) містять регіональні правила забудови населених пунктів і територій, розробляються і затверджуються згідно з порядком, що встановлений Законом України «Про основи містобудування».

Технічні умови (ТУ) встановлюють вимоги до конкретних видів промислової продукції будівельного призначення, її виготовлення, упакування, маркування, приймання, контролю та випробувань, транспортування та зберігання. ТУ затверджуються зацікавленими організаціями.

Проекти ВБН, РБН, ТУ погоджуються з Мінрегіонбудом України.

Згідно з ДБН А.1.1-1-93 «Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення» державні будівельні норми України поділяються на п'ять класів: А, Б, В, Г, Д.

Класи, поділяються на підкласи, а ті, у свою чергу на комплекси

Чинні ДБН можуть зазнавати змін та доповнень, які затверджуються Мінрегіонбудом та публікуються спеціально вповноваженим органом.

До числа діючих нормативних документів відносяться також стандарти Системи проектної документації для будівництва (СПДБ), стандарти Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) та інші документи.

1.3 Категорія складності об'єкта будівництва

Для полегшення вибору рішення про економічну доцільність будівлі, залежно від їх технічної складності, народно-господарчої та містобудівельної ролі, поділяють на 5 категорій складності згідно ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 «Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва». До I категорії відносять будівлі з мінімальними вимогами, а до V з підвищеними.

Відповідно до категорій складності призначають ступені довговічності та вогнестійкості будівель.

Об'єктам промисловості надається категорія складності не нижче III.

Таблиця 1.1 – Приклади відповідності ступенів довговічності та вогнестійкості об'єктів цивільного призначення їх категоріям складності

Категорія складності	Ступінь вогнестійкості	Ступінь довговічності
V	I	III – IV
IV	I – II	III
III	II – III	II – III
II	III – IV	II – III
I	IV – V	I – II

Клас наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва зазначаються в завданні на проєктування, використовуються для визначення стадійності проєктування і розраховуються при розробленні проєктної документації.

Класи наслідків (відповідальності) будівель і споруд визначаються рівнем можливих матеріальних збитків і (або) соціальних втрат, пов'язаних із припиненням експлуатації або із втратою цілісності об'єкта.

Категорію складності об'єкта будівництва визначають на підставі класу наслідків (відповідальності)

Можливі соціальні втрати від відмови повинні оцінюватися в залежності від таких факторів ризику, як:

- небезпека для здоров'я і життя людей;
- різке погіршення екологічної обстановки у прилеглий до об'єкта місцевості (наприклад, при руйнуванні сховищ токсичних рідин або газів, відмові очисних споруд каналізації тощо);
- втрата пам'яток історії і культури або інших духовних цінностей суспільства;
- припинення функціонування систем і мереж зв'язку, енергопостачання, транспорту чи інших елементів життєзабезпечення населення або безпеки суспільства;
- неможливість організувати надання допомоги потерпілим при аваріях і стихійних лихах;
- загроза обороноздатності країни.

1.4 Склад та зміст проєктної документації на будівництво

Проєкт і стадії проєктування. Розробка проєкту будівлі включає: встановлення її розмірів, форми, складу і розташування приміщень, вибір будівельних матеріалів і конструкцій, визначення вигляду фасадів та інтер'єрів приміщень та представлення усього цього в документальному виді, тобто у кресленнях і текстових поясненнях.

Іншими словами: проєкт будівлі або споруди є сукупністю технічних документів: креслень, розрахунків, пояснювальної записки, пошуків та досліджень, необхідних для зведення будівлі та обґрунтування прийнятих у проєкті рішень (ДБН А.2.2-3-2012). Він супроводжується кошторисом, у якому визначені необхідні витрати будівельних матеріалів, праці, вартість об'єкта.

Проєкти розробляються колективами спеціалістів проєктних організацій (архітекторами, конструкторами, економістами, спеціалістами з інженерного обладнання, технологій та організації будівництва).

До будь-якого проєкту пред'являються вимоги щодо:

- відповідності будівлі її призначенню за розмірами та у функціональному, технічному і художньому відношеннях;
- економічності будівництва та експлуатації;
- повноти і чіткості розробки проєктних матеріалів.

Для початку проєктних робіт замовник (який може бути фізичною або юридичною особою) визначається з джерелом фінансування, вибирає

генерального проєктанта й генерального підрядника, збирає вихідні дані до початку проєктування. Право на розробку проєктної документації або її окремих розділів надається проєктантам юридичним і фізичним особам, суб'єктам господарської діяльності незалежно від форм власності, що мають ліцензію на цей вид діяльності відповідно до законодавства.

Проєкти розробляються на підставі договорів (контрактів), укладених між замовником та проєктантом.

Робота над проєктом починається з розробки вихідних даних.

До складу вихідних даних відносяться:

- архітектурно-планувальне завдання (АПЗ);
- технічні умови з інженерного забезпечення (ТУ);
- завдання на проєктування;
- інші дані.

Складові частини проєктної документації:

1) техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) розробляється для об'єктів виробничого призначення, що вимагають детального обґрунтування відповідних рішень і визначення варіантів і доцільності будівництва об'єкта.

2) техніко-економічний розрахунок (ТЕР) виконується у скороченому обсязі в порівнянні з ТЕО для технічно нескладних об'єктів виробничого призначення.

3) ескізний проєкт (ЕП) розробляється для принципового визначення вимог до містобудівних, архітектурних, екологічних і функціональних рішень об'єкта, підтвердження можливості створення об'єкта цивільного призначення.

4) проєкт (П) розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва

5) робочий проєкт (РП) розробляється для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів із застосуванням проєктів (проєктних рішень) повторного використання. РП складається з двох частин – затверджувальної та робочої документації. Затверджувальна частина складається з пояснювальної записки (скороченої), кошторису, розділу організації будівництва і основних архітектурно-будівельних креслень. Робоча документація (Р) розробляється на підставі затвердженої попередньої стадії.

Стадії проєктування.

Склад та обсяг проєктних робіт відрізняється для будівель різного призначення та величини. Проєктування, залежно від категорії складності, може здійснюватися в 1, 2 та 3 стадії.

Для об'єктів I і II категорій складності проєктування здійснюється в одну або у дві стадії:

- в одну стадію: робочий проєкт (РП) (техноробочий проєкт);
- у дві стадії:

1) ескізний проєкт (ЕП) для будинків цивільного призначення або техніко-економічний розрахунок (ТЕР) для будівель та споруд виробничого призначення;

2) робоча документація (Р).

Для об'єктів III категорії складності проектування здійснюється у дві стадії

- 1) проєкт (П);
- 2) робоча документація (Р).

Для об'єктів IV і V категорій складності (технічно складних) проектування виконується у три стадії:

1) ескізний проєкт (ЕП) для будинків цивільного призначення або техніко-економічний розрахунок (ТЕР) для будівель та споруд виробничого призначення;

- 2) проєкт (П);
- 3) робоча документація (Р).

ЕП, ТЕР, П, РП (затверджувана частина) узгоджуються з замовником.

Комплекти основних архітектурно-будівельних креслень, проєкт організації будівництва, укрупнений кошторис узгоджуються з генеральним підрядником.

ЕП, ТЕР, П, РП (затверджувана частина) узгоджуються з місцевими органами містобудування й архітектури.

ТЕО, ТЕР, а за їхньої відсутності П або РП (затверджувана частина) нових об'єктів виробничого призначення повинні мати висновок територіальної організації щодо вибору земельної ділянки для будівництва.

1.5 Класифікація будівель та споруд

Будівлі та споруди класифікують:

- за призначенням;
- за кількістю поверхів;
- за ступенем поширення;
- за довговічністю;
- за вогнестійкістю.

За призначенням будівлі класифікують:

- цивільні,
- промислові,
- сільськогосподарські.

Цивільні будівлі, призначені для обслуговування побутових і громадських потреб людей, їх поділяють на житлові (житлові будинки, готелі, гуртожитки та ін.) і громадські (адміністративні, навчальні, культурно-освітні, торговельні, комунальні, спортивні тощо).

Промислові будівлі, споруджені для розміщення знарядь виробництва і виконання трудових процесів в результаті яких виходить промислова продукція (будівлі цехів, електростанцій, будівлі транспорту, склади та ін.).

Сільськогосподарські будівлі обслуговують потреби сільського господарства (будівлі для утримування тварин і птиці, теплиці, склади сільськогосподарських продуктів).

За кількістю поверхів усі будівлі поділяються на:

- одноповерхові,
- багатоповерхові.

За кількістю поверхів цивільні будівлі поділяються на:

- малоповерхові (1–3 поверхи),
- багатоповерхові (4–9 поверхів),
- підвищеної поверховості (10 поверхів і більше).

За ступенем поширення будівлі поділяються на:

– масового будівництва, що споруджуються повсюдно, як правило, за типовими проєктами (житлові будинки, школи, дошкільні заклади, поліклініки, кінотеатри та ін.);

– унікальні, особливо важливого значення, що споруджуються за спеціальними проєктами (театри, музеї, спортивні будівлі, адміністративні установи та ін.).

Довговічність означає міцність, стійкість і жорсткість, як будівлі в цілому, так і її елементів у часі.

За довговічністю будівлі класифікують на IV ступені:

I – строк служби понад 100 років;

II – від 50 до 100 років;

III – від 20 до 50 років;

IV – від 5 до 20 років.

За ДБН В.1.1-7-2002 встановлено 8 ступенів вогнестійкості будівель: I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V, що визначаються межами вогнестійкості основних конструкцій, межами поширення вогню по цих конструкціях, а також залежать від призначення будівлі, її категорії з вибухопожежної та пожежної небезпеки, висоти (поверховості), площі поверху в межах протипожежного відсіку. Чим вище межа вогнестійкості основних будівельних конструкцій, тим вище ступінь вогнестійкості будівлі. Будівлі I ступеня вогнестійкості будують з найбільш вогнестійких конструкцій, для будівель V ступеня вогнестійкості межі вогнестійкості не нормуються.

При плануванні будівель їх розділяють по горизонталі і вертикалі протипожежними перешкодами на пожежні відсіки, секції й окремі приміщення для обмеження поширення пожежі. До протипожежних перешкод відносяться протипожежні стіни, перегородки, перекриття, зони, тамбур-шлюзи, двері, вікна, люки і клапани. Типи протипожежних перешкод та їх мінімальні межі вогнестійкості визначаються за ДБН В.1.1-7-2002.

Конструктивні характеристики будинків залежно від їхнього ступеня вогнестійкості.

Ступінь вогнестійкості I, II.

Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Ступінь вогнестійкості III.

Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних

або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою чи негорючими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не ставляться вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Ступінь вогнестійкості IIIа.

Будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем.

Ступінь вогнестійкості IIIб.

Будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з деревини, підданої вогнезахисній обробці. Огороджувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали огороджувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню і високих температур.

Ступінь вогнестійкості IV.

Будинки з несучими та огороджувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню і високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не ставляться вимоги щодо межі вогнестійкості й межі поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Ступінь вогнестійкості IVа.

Будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем.

Ступінь вогнестійкості V.

Будинки, до несучих і огороджувальних конструкцій яких не ставляться вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

1.6 Відомості про методи розрахунку будівельних конструкцій

Розрахунок будівельних конструкцій повинен забезпечити надійність їх роботи у процесі експлуатації. Мета розрахунку будівельних конструкцій – забезпечити задані умови експлуатації і необхідну міцність за мінімальної витрати матеріалів і мінімальної витрати праці на виготовлення і монтаж.

Статичний і динамічний розрахунок полягає у складанні розрахункових схем і визначенні внутрішніх зусиль (згинальних моментів M , поперечних сил Q , подовжніх сил N та ін.) у небезпечних перерізах конструкцій з урахуванням їх жорсткості і стійкості від прикладених навантажень, впливів та їх сполучень. *Конструктивний розрахунок* полягає у виборі матеріалу, визначенні раціональної форми елемента і розмірів його перерізу, площі перерізу арматури за прийнятими з досвіду проектування ефективною формою і площею перерізу,

класу бетону, класу арматури і схеми її розміщення (у залізобетонних конструкціях), розмірів сполучних і закладних деталей у місцях з'єднання елементів.

Методи розрахунку будівельних конструкцій розвивалися шляхом поступового удосконалення у напрямі підвищення точності (наближення розрахункових значень до експериментальних), здатності врахування великого числа факторів і забезпечення максимальної економічності.

Метод розрахунку конструкцій за допустимими напруженнями використовувався в СРСР до 1938 р. В основу розрахунку було покладено принцип рівноваги, коли напруження в матеріалі приймаються пружними. Розрахунок за допустимими напруженнями дає можливість тільки вельми приблизно оцінити величину напружень, які виникають у конструкціях у стадії експлуатації. В результаті цього напруження в конструкціях часто визначалися більшими від фактичних, що призводило до великих перевитрат матеріалів.

Метод розрахунку конструкцій за руйнівними зусиллями було введено в норми з 1938 р. Цей метод ґрунтується на широких експериментальних дослідженнях, що дало можливість достатньо точно обчислювати фактичну несучу здатність перерізів, тобто руйнівні зусилля. В основу розрахунку за руйнівними зусиллями покладено принцип, що напруження у стиснутій та розтягнутій зонах конструкції досягають межі міцності і стають непружними. Для урахування цього вводять *коефіцієнт запасу міцності перерізу*. Основним недоліком теорії розрахунку за руйнівними зусиллями є те, що загальним коефіцієнтом запасу міцності не можна з достатньою точністю врахувати вплив великого числа факторів на несучу здатність конструкції, вплив особливостей роботи матеріалів і конструкцій.

Метод розрахунку конструкцій за граничними станами є подальшим розвитком методу розрахунку за руйнуючими зусиллями. Його було розроблено в СРСР та прийнято у 1955 р. у «Будівельних нормах та правилах для розрахунку усіх будівельних конструкцій».

У розрахунку за граничними станами єдиний коефіцієнт запасу замінюється системою з декількох коефіцієнтів, які враховують умови будування та експлуатації конструкцій, змінність навантажень, міцнісних характеристик матеріалів і умови їх роботи. Тобто у методі розрахунку конструкцій *за граничними станами* безпека роботи конструкції під навантаженням оцінюється не одним синтезуючим коефіцієнтом запасу, а системою розрахункових коефіцієнтів.

Конструкції, запроектовані і розраховані за методом граничних станів, виходять дещо економічнішими, порівняно з іншими методами розрахунку.

Граничним станом зветься такий стан конструкції, при якому вона перестає задовольняти заданим вимогам виготовлення або експлуатації, тобто втрачає здатність чинити опір зовнішнім навантаженням і впливам або одержує неприпустимі переміщення або місцеві пошкодження.

За цим методом передбачено дві групи граничних станів:

перша група граничних станів – за втратою несучої здатності, або повної непридатності до експлуатації;

друга група граничних станів – за непридатністю до нормальної експлуатації.

Призначення розрахунку за граничними станами 1-ї групи – попередити конструкцію: від руйнування – крихкого, в'язкого, втомленого (розрахунок на витривалість), у тому числі, з урахуванням несприятливого впливу навколишнього середовища (хімічної агресії, зміни температури та ін.); від втрати стійкості форми (наприклад, поздовжній вигин) або розташування у просторі (перекидання, ковзання, спливання); від станів, при яких необхідно припинити експлуатацію внаслідок розвитку недопустимих загальних і місцевих необоротних деформацій (через текучість матеріалу, повзучість, надмірне розкриття тріщин).

Призначення розрахунку за граничними станами 2-ї групи – не допустити в конструкції виникнення надмірних переміщень (прогинів, зсувів, кутів повороту, амплітуд коливань), а також утворення надмірного або тривалого розкриття тріщин, які ускладнюють нормальну експлуатацію (при збереженні її несучої здатності).

В усіх випадках слід прагнути до утворення економічних конструкцій, тобто конструкцій з мінімальною витратою матеріалів при забезпеченні їх достатньої надійності.

ТЕМА 2 ЕЛЕМЕНТИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

- 2.1 Міцність, жорсткість, стійкість, вимоги до конструктивних елементів
- 2.2 Конструктивні елементи будівель
- 2.3 Конструктивні типи та схеми будівель.
- 2.4 Об'ємно-планувальні елементи будівель та їх рішення
- 2.5 Підйомно-транспортне обладнання промислової будівлі

2.1 Міцність, жорсткість, стійкість, вимоги до будівельних конструкцій

З урахуванням усіх впливів будівля повинна задовольняти вимоги міцності, жорсткості, стійкості.

Міцність – здатність конструкцій або їх елементів не руйнуватись під дією призначеного для них навантаження на протязі заданого проміжку часу.

Стійкість – здатність зберігати рівновагу під час зовнішніх впливів.

Жорсткість – здатність конструкцій не деформуватись більше, ніж призначено проектом

Вимоги до будівельних конструкцій:

- сприймати без руйнувань і недопустимих деформацій впливи;
- мати достатню працездатність в умовах нормальної експлуатації протягом усього встановленого терміну;
- мати достатню живучість по відношенню до локальних руйнувань і передбачених нормами аварійних впливів, виключаючи прогресуюче руйнування, коли загальні пошкодження виявляються більшими ніж збурення, що їх викликало.

Нормальна експлуатація будівлі (споруди) – експлуатація, без обмежень відповідно до передбачених технологічних чи природних умов.

Живучість – властивість зберігати працездатність під впливами не передбаченими умовами експлуатації, за наявності деяких дефектів і пошкоджень, а також за часткової відмови будівельних елементів об'єкта.

Залежно від вимог до довговічності, вогнестійкості й експлуатаційних якостей розрізняють **три класи конструкцій будівель за ступенями відповідальності**.

До класу I відносяться основні будівлі об'єктів, що мають особливо важливе народногосподарське і (чи) соціальне значення: атомні електростанції, криті спортивні споруди з трибунами, будівлі театрів, кінотеатрів, церков, критих ринків, навчальних закладів, дитячих дошкільних закладів, лікарень, родильних будинків, музеїв, державних архівів та ін.

До класу II – будівлі об'єктів, що мають важливе народногосподарське і (чи) соціальне значення: об'єкти житло-цивільного призначення, що не ввійшли до класів I та III.

До класу III – будівлі об'єктів, що мають обмежене народногосподарське і (чи) соціальне значення: одноповерхові житлові будинки, тимчасові будинки та ін.

2.2 Конструктивні елементи будівель

Конструктивний елемент – фізично окрема частина конструкції (колонна, балка, стіна, фундамент)

За призначенням усі конструктивні елементи поділяються на несучі, самонесучі та огорожувальні.

Несучі конструктивні елементи сприймають навантаження, що виникають в будівлі, чи діють на будівлю.

Самонесучі конструктивні елементи сприймають навантаження від власної ваги.

Огороджувальні конструктивні елементи відділяють приміщення від зовнішнього простору та одне приміщення від одного. У деяких випадках КЕ виконують несучу та огорожуючі функції.

Будівлі складаються з таких конструктивних елементів:

Основи будівель

Це масив ґрунту, який сприймає навантаження від фундаментів і при цьому деформується.

Міцність і жорсткість конструктивних елементів будівлі значною мірою залежить від несучої здатності основ і фундаментів.

Основа це масив ґрунту, що розташований під фундаментом і сприймає навантаження від будівлі.

Основи бувають природні та штучні. Природні поділяють на скельні та нескельні.

Природною основою називають ґрунт, що лежить під фундаментом і має в своєму природному, стані достатню несучу спроможність для забезпечення стійкості будови або допустимих по величині і вимірності осадок.

До скельних ґрунтів відносяться граніти, базальти, піщаники, вапняки. Під навантаженням будови і споруди вони не стискаються і є найбільш тривкими основами. У них $R_n = 4 \dots 6 \text{ кг/см}^2$.

До нескельних ґрунтів відносяться пісок, глина, супісь, суглинки. У них $R_n = 2 \dots 3 \text{ кг/см}^2$.

Штучною основою називають ґрунт, який не має в природному стані достатньої несучої спроможності на прийнятій глибині закладення фундаментів і який з цієї причини треба штучно зміцнювати.

Штучне зміцнення основ здійснюється двома методами: ущільненням та укріпленням.

Ущільнені основи ущільнюють важкими трамбівками (наприклад, у вигляді усіченого конуса вагою 1.5-3 т, який підіймають краном на висоту 3-4 м та скидають на поверхню).

Укріплені основи зміцнюють хімічним способом за допомогою: силікатизації, бітумізації, цементації.

Силікатизація полягає в ін'єкції через труби у ґрунт розчинів рідкого скла та хлористого кальцію і застосовується для зміцнення піщаних, пилюватих ґрунтів, пливунів і макропористих ґрунтів на глибину 15-20 і більше метрів, з радіусом до 1м.

Цементация здійснюється нагнітанням у ґрунт через забиті в нього труби цементної суспензії, цементно-глиняного розчину. Цементация застосовується для зміцнення гравелистих, велико- і середньозернистих пісків, для забиття тріщин і площин у скельних ґрунтах.

Бітумізація – полягає в ін'єкції через труби у ґрунт гарячого бітуму.

Фундаменти зовнішні та внутрішні

Це підземна частина будівлі, яка сприймає навантаження від вище розташованих конструктивних елементів та передає їх на ґрунт.

Глибина закладання зовнішніх фундаментів залежить від властивостей ґрунтів, основи, клімату району, глибини промерзання ґрунту, наявності підвалів, ваги споруди та ін.. Глибина закладання внутрішніх фундаментів не залежить від кліматичних факторів та приймається не менше 0.5...0.6 м.

Види фундаментів

1. За технологією виготовлення фундаменти можуть бути:

- збірні;
- збірно-монолітні;
- монолітні;

2. За видом матеріалу фундаменти бувають:

- бутові;
- бутобетонні;
- бетонні;
- залізобетонні;
- металеві (для палевих фундаментів);
- дерев'яні.

3. По конструктивному рішенню фундаменти бувають:

- стрічкові;
- суцільні;
- стовбурні;
- пальові.

Стрічкові фундаменти являють собою безперервну стіну, рівномірно завантажену вищележачими несучими або самонесучими стінами або колонами каркаса.

Стрічкові фундаменти діляться на:

- монолітні,
- збірні,
- неперервні,
- перервні.

Суцільні фундаменти влаштовують під усією площею будівлі у вигляді масивної монолітної залізобетонної плити, яка забезпечує рівномірне осідання всієї будівлі й може захищати підлогу підвалу від значного тиску ґрунтових вод.

Стовпчасті фундаменти являють собою стовпи з розвиненою опорною частиною, що передають на ґрунт навантаження від колон і стін будівлі. Іноді

такі фундаменти виконують у масиві ґрунту.

Пальовий фундамент це система паль, об'єднаних зверху бетонною, або з/б плитою (ростверк). Паль – стержень заглиблений в вертикальну або похилу площину, що передає навантаження на ґрунт від споруди.

Стіни зовнішні та внутрішні

Це вертикальні несучі та огорожувальні конструкції. Вони виокремлюють внутрішню частину будівлі з боків від зовнішнього простору та розподіляють будівлю на приміщення. Стіни встановлюються на фундаменті або конструкціях, що його замінюють. Стіни, які встановлюються на фундаменті, називають капітальними.

Класифікація стін

Стіни можуть бути поділені за такими основними ознаками:

- за характером статичної роботи;
- за матеріалом.

За характером статичної роботи:

- несучі такі, що спираються на фундамент і сприймають навантаження від власної ваги, вітру, перекриттів та покриття (даху);
- самонесучі такі, що сприймають навантаження від власної ваги стін усіх поверхів та вітру;
- ненесучі (навісні) такі, що спираються на інші конструкції будівлі поповерхово або навішені на каркас і навантажені тільки власною вагою та вітром. Використовуються тільки в каркасних будівлях.

За матеріалом:

- кам'яні (із штучного й природного каменю);
- дерев'яні;
- ґрунтові (з глиносирцевих матеріалів саман і т.п.);
- із полімерних матеріалів (пластмас);
- сталеві.

За конструкцією і способом зведення:

- із дрібноштучних елементів (цегли, керамічних каменів, легкобетонних каменів, природного каменю);
- із великих блоків (бетонних, цегляних, природних порід);
- великопанельні;
- монолітні (легкий бетон, глинобитні та ін.).

За конструктивними ознаками (за структурою):

- однорідні (одношарові) або шаруваті;
- суцільні чи порожнисті.

Перегородки

Це самонесучі вертикальні огорожувальні конструкції, які поділяють поверх будівлі на приміщення. При встановленні не потребують фундаменту і можуть встановлюватися на перекритті.

Класифікація перегородок:

- залежно від призначення;
- за відгороджувальними властивостями;
- залежно від матеріалів;
- за способом улаштування;
- за структурою;
- за умовами експлуатації.

Залежно від призначення:

- міжкімнатні;
- міжквартирні;
- розгороджуючі санвузли і кухні.

За відгороджувальними властивостями:

- глухі;
- з прорізами;
- неповні (не на всю висоту приміщення);
- стаціонарні;
- розсувні.

Залежно від матеріалів:

- дерев'яні;
- з деревостружкових і деревоволокнистих плит;
- цегляні;
- з порожнистих керамічних та легкобетонних каменів;
- із гіпсобетонних плит;
- різних легких і ніздрюватих бетонів;
- залізобетону (панелі);
- зі склоблоків;
- із полімерних матеріалів.

За способом улаштування:

- з дрібнорозмірних матеріалів (роблять на місці),
- з великорозмірних елементів (монтують із готових збірних елементів).

За структурою:

- однорідні (суцільні)
- шаруваті (з різних матеріалів або з повітряним прошарком).

За умовами експлуатації:

- стаціонарні;
- збірно-розбірні;
- трансформовані.

Перекриття

Це горизонтальні несучі та огорожувальні конструкції, які розділяють будівлю на поверхи та забезпечують її жорсткість.

Класифікація перекриттів.

1 За місцем розташування:

- міжповерхове;
- горищне;
- надпідвальне.

2 За технологією виконання:

- збірні;
- збірно-монолітні;
- монолітні.

3 За матеріалом:

- залізобетонні;
- металеві;
- дерев'яні.

Залізобетонні плити перекриття:

- суцільна ($l = 2400 \dots 6000$);
- багатопустотна ($l = 2400 \dots 9000$, $h = 220$);
- шатрова;
- ребриста ($l = 2400 \dots 9000$, $h = 300$)

4. За звукоізоляцією:

а) акустично однорідні (без повітряного прошарку);

б) акустично неоднорідні (з повітряним або звукоізоляційним прошарком):

- -з шаруватою підлогою;
- -з роздільною підлогою;
- -з роздільною стелею;
- -з роздільними підлогою та стелею.

5. За конструкцією:

- балочні;
- безбалочні або плитні;
- монолітні.

Дах

Це зовнішня несуча та огорожувальна конструкція, яка захищає будівлю зверху від впливів зовнішнього середовища (атмосферних опадів, вітру, сонця).

Класифікація дахів

За матеріалом покрівлі:

- з жорсткою покрівлею (дерев'яні, металеві, черепичні, шиферні);
- з м'якою покрівлею (руберойдні рулонні, руберойдні черепичні).

За матеріалом несучих конструкцій:

- дерев'яні;
- металеві;
- залізобетонні.

За ухилом:

- похилі;
- плоскі.

За конструкцією покриття:

- кроквяні;
- суміщені.

Похилі горищні дахи звичайно виконують у вигляді похилих площин – схилів (скатів), покритих покрівлею з водонепроникних матеріалів. Величина ухилів скатів залежить, з одного боку, від матеріалу покрівлі, з іншого від кліматичних умов району будівництва.

Пересічення схилів утворюють ребра. Ребра пересічення скатів мають такі найменування (рис. 2.1): горизонтальне ребро – гребінь даху; виступаюче похиле ребро пересічення скатів – накосне ребро; западаюче горизонтальне або похиле ребро – розжолобок (єндова).

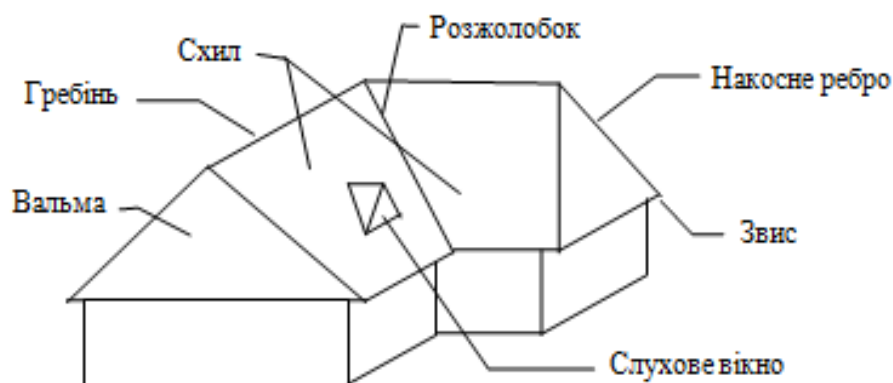


Рисунок 2.1 – Основні елементи похилих дахів

Форма даху залежить від кліматичних умов, матеріалу та національних традицій.

За формою похилі дахи можуть бути (рис. 2.2):

- односхильні;
- двосхильні (щипцові);
- чотирискатні (вальмові);
- полувальмові;
- полущипцові;
- складної конфігурації (дах з мансардою).

У масовому індустріальному будівництві багатоповерхових житлових і громадських будівель застосовуються пласкі дахи з суміщеним покриттям різних типів за конструктивним рішенням:

- суміщені покриття, що не вентилуються;
- суміщені покриття, що вентилуються.

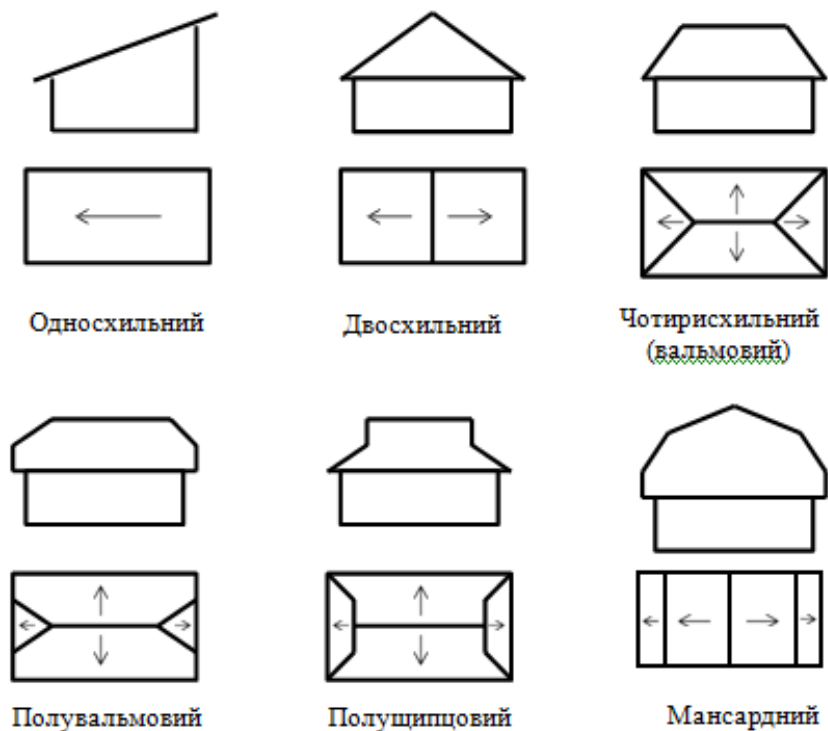


Рисунок 2.2 – Форма похилих дахів

Суміщені дахи, що не вентилуються, складаються з залізобетонних плит перекриття, утеплювача та гідроізоляції (рис. 2.3). Їх використовують за температур не нижче -30°C .



Рисунок 2.3 – Схема суміщеного даху, що не вентилуються

Суміщені дахи, що вентилуються, складаються з двох частин, розділених повітряним прошарком, з яких нижня виконує роль горіщного перекриття, а верхня – роль покрівлі (рис. 2.4).

Вентильовані суміщені дахи конструктивно виконують у вигляді єдиних складних панелей або збірними. Вентиляція в них здійснюється через вентиляційні вікна (продухи), які знаходяться між нижньою і верхньою плитами, а повітряний прошарок служить захистом від перегріву сонячними променями влітку.

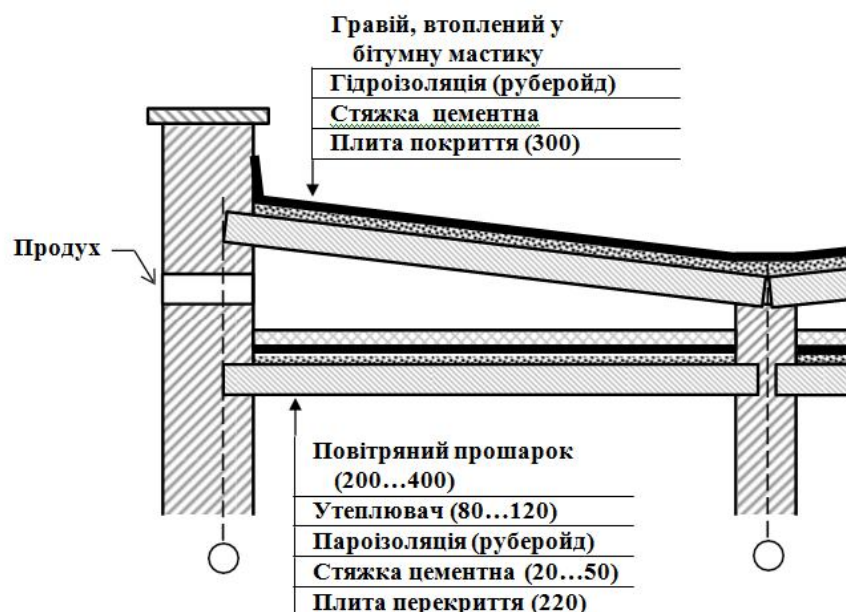


Рисунок 2.4 – Схема конструкції суміщеного вентиляованого даху.

Повітряний прошарок між двома конструктивними частинами даху сприяє вилученню сконденсованої вологи чи вологи, що якимось чином потрапила з утеплювача, і підвищенню теплозахисних якостей покриття. Він має висоту від 200 до 400 мм, а з боку зовнішньої стіни розташовують продухи (віконця для вентиляції, затягнуті сіткою) розміром 150х100 мм.

Відведення атмосферної вологи з дахів

Для відведення атмосферної вологи з дахів улаштовується ухил, що залежить від кліматичного району і виду покритті.

Водовідвід може бути за організацією:

- неорганізований;
- організований зовнішній;
- організований внутрішній.

Комплекс конструкційних заходів з організації такого ухилу називають водовідводом (рис. 2.5, 2.6).

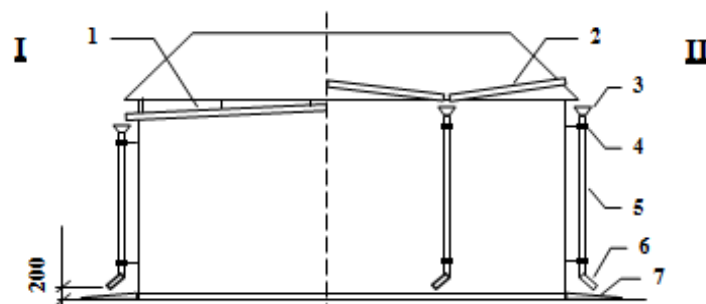


Рисунок 2.5 – Зовнішній організований водовідвід:

I – з підвісним жолобом; II – з настінним жолобом/

1 – підвісний жолоб; 2 – настінний жолоб; 3 – лійка; 4 – хомут; 5 – стояк;
6 – відмет; 7 – вимощення

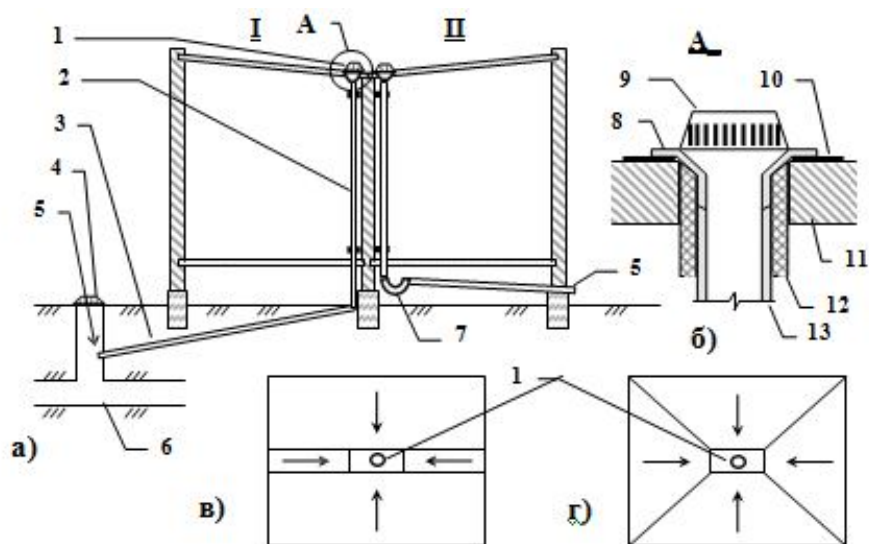


Рисунок 2.6 – Внутрішній організований водовідвід:

а) приклади влаштування внутрішнього організованого водовідводу:

I – з виводом у дощову каналізацію; II – з виводом на вимощення

б) конструкція водовідвідної воронки (лійки);

в) схема водовідводу з прямими водовідвідними скатами;

г) схема водовідводу з трикутними водовідвідними скатами.

1 – водовідвідна воронка ; 2 – стояк; 3 – лежень; 4 – колодязь дощової каналізації; 5 – випуск; 6 – колектор; 7 – гідравлічний затвор; 8 – фланець; 9 – кришка; 10 – гідроізоляція; 11 – плита покриття; 12 – утеплювач; 13 – патрубок

Організований зовнішній водовідвід евакує воду з даху по водостічних трубах з випуском її на вимощення. Він може застосовуватися у багатоповерхових будинках (до 9 поверхів) і складається з жолобів та водостічних труб.

Неорганізований водовідвід характеризується вільним скиданням води з карнизних звисів покрівлі (з виносом не менше 500 мм) на вимощення. Він допускається тільки в малоповерхових будинках (до 2 поверхів) без балконів.

Сходи

Це вертикальні комунікації будівлі. Вони служать для сполучення між поверхами та евакуації людей. Сходи можуть розташовуватися в окремих приміщеннях, які зветься сходовими клітками.

Сходи, їх види та основні елементи.

Класифікація сходів:

1. *За призначенням:*

- вхідні для входу в будинок;
- основні чи головні, які служать для постійного користування та евакуації;
- допоміжні для службового сполучення;
- пожежні для евакуації при пожежі.

2. *За числом маршів в межах висоти одного поверху:* одно-; дво-; три-; чотиримаршові. Останні застосовують при високих поверхах.

3. За конструкцією:

- звичайні;
- криволінійні;
- гвинтові.

Останні використовують в будівлях, коли сходами користується невелика кількість людей (квартири в двох рівнях).

4. За матеріалом з якого виготовляють:

- дерев'яні;
- металеві;
- бетонні
- залізобетонні;
- комбіновані.

Сходи складаються із маршів та площадок.

Марш – конструкція, що складається із сходинок, які підтримують косоури (знаходяться під сходами) чи тятиви (знаходяться збоку) і яка з'єднує дві чергові сходові площадки.

Косоур – похило розташована балка, що з'єднує сходові площадки, і на якій закріплюються сходи.

Сходові площадки бувають поверховими (на рівні поверху) і міжповерховими. Для безпеки і зручності руху сходові марші і площадки оточують загородками з поручнями (висота стояків 0,9 м).

У східців вертикальну грань називають підсходинами, а горизонтальну – проступом. Всі сходи сходового маршу повинні мати однакову форму, крім верхньої і нижньої, які називаються фризівими.

Нахил сходових маршів приймають за будівельними нормами і правилами (в залежності від призначення і поверховості будівлі) для основних сходів 1:2 – 1:1,75, а для допоміжних до 1:1,25. Кількість східців в марші призначається не більше 18, але не менше трьох. Висота проходів між площадками і маршами повинна бути не менше 2 м. Ширину сходових маршів призначають з врахуванням забезпечення евакуації людей в заданий час. При цьому найменша ширина маршів основних сходів в двоповерхових будинках повинна бути більше рівна 900 мм, а в будинках з числом поверхів 3 і більше – більше рівна 1050 мм. Між маршами повинна бути забезпечена щілина 100 мм для пропускання пожежних рукавів.

Ширина площадок повинна бути не менша ширини маршу (для забезпечення однакової пропускної здатності), причому ширина сходових площадок основних сходів – не менша 1200 мм.

Висоту і ширину сходів призначають такими, щоб була забезпечена безпека руху людей. При цьому приймають, що нормальний крок людини складає приблизно 600 мм при ходьбі по горизонтальній поверхні і 450 мм при русі по сходах. Виходячи з цього ширина і висота в сумі повинна складати 450 мм. Звідси встановлено, що ширина сходи (проступу) повинна бути 300 мм, але не менше 250 мм (довжина стопи людини). Висоту сходи (підсходину) встановлюють 150 мм, але не більше 180 мм. Для того, щоб визначити габарити

сходів і сходової клітки, в якій вони будуть розміщені, необхідно знати висоту поверху і розміри сходів.

Вікна

Це прорізи або світлопрозорі огороження у стінах, які служать для освітлення, інсоляції та вентиляції приміщень та одночасно для відокремлення будинку від несприятливих факторів зовнішнього середовища.

Класифікація вікон

За призначенням:

- зовнішні;
- внутрішні (між суміжними приміщеннями).

За формою і розмірами:

- точкові (окремі стандартні);
- панельні (кілька зблокованих стандартних);
- стрічкові (протяжний ланцюжок стандартних, розташованих, як правило, вздовж фасаду).

За кількістю рядів засклення:

- з одинарним (внутрішні);
- подвійним;
- потрійним;
- четверним.

За матеріалом конструкцій вікон:

- дерево;
- полівінілхлорид;
- алюмінієві сплави;
- сталь;
- комбіновані матеріали (деревоалюмінієві, деревополівінілхлоридні тощо);
- склопластик;
- пластик.

За способом відкривання і конструктивним рішенням:

- стулчасті (одно-, дво-, тристулкові);
- глухі;
- розсувні;
- верхньопідвісні;
- нижньопідвісні;
- з кріпленням на цапфах;
- жалюзійні та ін.

За видом світлопрозорого матеріалу:

- із звичайного віконного скла 2...6 мм завтовшки;
- із спеціального теплозахисного, світлорозсіювального, декоративного та інших видів скла;
- склоблоків, які пропускають світло, але не проглядаються наскрізь;

- із профільного коробчастого і швелерного скла;
- із склопакетів (дві або три шибки, склеєні між собою прокладкою жорсткої рамки і з повітряним прошарком завтовшки 9-15 мм)

Двері

Це прорізи у стінах та перегородках для сполучення між приміщеннями. А також плоска рухома огорожувальна конструкція, яка одночасно закриває дверний проріз та дозволяє здійснювати комунікацію між приміщеннями.

Класифікація дверей

За місцезнаходженням:

- зовнішні (у будинок парадні, у квартиру – вхідні, на балкон – балконні, у підвал і на горище – службові);
- внутрішні (між суміжними приміщеннями й коридором) та шафові;

За кількістю полотен:

- одно-, двопольні
- полуторні (з двома полотнами різної ширини);

За характером загородження:

- глухі,
- частково засклені,
- засклені.

За характером відкривання:

- одностулкові;
- двостулкові;
- розсувні;
- підйомні;
- складні;
- обертові.

2.3 Конструктивні типи та схеми будівель

Конструктивний тип будівлі визначається просторовим поєднанням стін, колон, перекриттів і інших несучих елементів. Характеризується також матеріалами та видами основних будівельних елементів (великих залізобетонних блоків, панелей і т.п.).

Розрізняють наступні конструктивні типи будівель:

- *безкаркасні* – з несучими стінами, в яких більшість конструктивних елементів поєднує несучі та огорожувальні функції;
- *каркасні* – з чітким поділом конструкцій за призначенням на несучі і огорожувальні. Просторова система (каркас), складається з колон, балок, ригелів та інших елементів, які разом з перекриттями в даному випадку сприймають усе навантаження, що діє на будівлю. Приміщення від впливу зовнішнього середовища захищаються зовнішніми стінами.
- *з неповним каркасом*, в яких поряд з внутрішнім каркасом несучими є і зовнішні стіни.

Кожен з розглянутих вище конструктивних типів будівель в свою чергу

може мати кілька конструктивних схем, які відрізняються особливостями розташування несучих елементів і їх взаємозв'язком

Конструктивні схеми безкаркасних будівель:

- з поздовжніми несучими стінами;
- з поперечними несучими стінами;
- з перехресним розташуванням несучих стін.

Конструктивні схеми каркасних будівель:

- з поздовжнім розташуванням ригелів;
- з поперечними розташуванням ригелів;
- з перехресним розташуванням ригелів;
- безригельна.

Конструктивні схеми будівель з неповним каркасом:

- з поздовжнім розташуванням ригелів;
- з поперечним розташуванням ригелів;
- з перехресним розташуванням ригелів;
- безригельна.

Каркаси промислових будинків

Каркас будівлі – просторова жорстка система несучих конструкцій, яка сприймає усі силові навантаження та передає їх на фундамент.

Каркас складається з вертикальних і горизонтальних (похилих) елементів. Вертикальні елементи мають загальну назву – стояк (опора, колона), а горизонтальні – ригель (балка). Вони можуть бути суцільними або ґратчастими. Площинна стержнева система, вертикальні та горизонтальні елементи якої жорстко з'єднані між собою в усіх або декількох вузлах, називається рамою. Тобто будинок можна уявити, як систему зв'язаних між собою рам.

В залежності від сполучення елементів рам, розрізняють схеми:

- шарнірні;
- жорсткі;
- змішані.

При проектуванні каркас будівлі розчленовують на дві системи: поперечну і поздовжню:

- до поперечної системи каркасу включають колони, ригелі (балки) перекриттів, кроквяні конструкції покриттів (балки, ферми);
- до складу поздовжньої системи каркасу включають колони, під кроквяні конструкції, підкранові балки, вертикальні зв'язки і ті з поздовжніх елементів, які одночасно виконують роль зв'язкових, забезпечуючи стійкість колон і незмінність системи.

2.4 Об'ємно-планувальні елементи будівель та їх рішення

Основні об'ємно-планувальні елементи будівель:

- приміщення огорожений будівельними конструкціями простір всередині будівлі, який не має підрозділів.
- секція сукупність приміщень в межах одного або декількох поверхів;

– поверх приміщення, які знаходяться за висотою приблизно на одному рівні.

Окремі поверхи будівель мають такі назви:

Підвал поверх, який на всю висоту заглиблюється у землю.

Цокольний поверх – заглиблюється у землю менше ніж на половину висоти приміщення

Напівпідвальний поверх заглиблюється у землю більше ніж на половину висоти приміщення.

Горище – поверх розташований над верхнім перекриттям будівлі безпосередньо під дахом.

Мансардний поверх, розташований в об'ємі горища в разі його використання для розміщення житлових або підсобних приміщень або приміщень, в яких тривалий час знаходяться люди.

Сходова клітка комунікаційне приміщення для сполучення між поверхами, де розташовані сходи та сходові площадки.

Технічний поверх нежитловий поверх житлового або громадського будинку, призначений для прокладання різних технічних комунікацій (труб, вентиляційних коробів та ін.).

Об'ємно-планувальним рішенням будівлі називається об'єднання головних, підсобних та комунікаційних приміщень вибраних розмірів і форм в єдину композицію.

Об'ємно-планувальні системи цивільних будівель: анфіладна, галерейна (коридорна), секційна, зальна, змішана

За об'ємно-планувальним рішенням промислові будівлі поділяються:

– на одноповерхові (павільйонної, суцільної забудови, прогонові, осередкові, зальні);

– двоповерхові (прогонові, осередкові, зальні, з технічним поверхом і без нього);

– багатоповерхові (вузькі шириною до 60 м, прогонові, осередкові, зальні, з технічними поверхами);

– різноповерховою (змішаної поверховості, каскадного типу та ін.)

Основні об'ємно-планувальні параметри промислової будівлі:

– крок – відстань між опорами в поперечному напрямку;

– прогін – відстань між опорами в поздовжньому напрямку;

– висота – відстань від рівня підлоги до низу несучих конструкцій покриття.

Уніфікація і типізація промислових будов

Типізація – зведення типів конструкцій і будинків до обґрунтованої невеликої кількості. Типові конструкції затвердженні ДСТУ називаються стандартними, вносяться в каталог і є обов'язковими в проєктуванні і будівництві.

Уніфікація – приведення до одноманітності розмірів форм конструктивних елементів, які виготовляються на заводах.

Уніфікація об'ємнопланувальних рішень (ОПР) та конструктивних рішень (КР) промислових будов має 2 форми : галузеву; та міжгалузеву.

Галузева форма діє в рамках однієї галузі (машинобудування, транспорт залізничний, водний і тощо).

Міжгалузева форма уніфікації здійснюється між декількома галузями і дає змогу використовувати спільні типорозміри, що підвищує ступінь індустріалізації.

Особливості модульної координації розмірів у промислових будівлях

Модульно координаційний розмір (МКР) – для промислових будівель відрізняється від МКР (цивільних будівель використанням великих збільшених модулів (30 М, 60 М).

В проєктуванні промислових будівель осьові розміри у плані призначаються кратними збільшеним модулям:

- 60М – для кроку колон одно- та багатоповерхових будівель та для прольотів одноповерхових;
- 30М – для прольотів багатоповерхових будівель.

За висотою розміри призначають кратними збільшеному модулю 6М.

Типові уніфіковані розміри складають:

- прогін – 12, 18, 24, 30, 36 м;
- крок колон – 6, 12 м;
- висота – 6, 9, 12 м.

2.5 Підйомно-транспортне обладнання промислової будівлі

Підйомно-транспортне обладнання промислової будівлі впливає на об'ємно планувальне рішення будівлі.

В промислових будівлях використовують:

- безрейковий транспорт (автовантажувачі, автокари та ін);
- рейковий транспорт (залізничний, козлові крани і ін.)
- безперервний транспорт (транспортери, рольганги, трубопроводи, ліфти, конвеєри та ін).

Вибір виду внутрішньоцехового транспорту залежить від характеру вантажів і особливостей виробничого процесу.

Електроталі вантажопідйомністю до 10 т обслуговують вузьку зону в приміщенні цеху. Електроталь складається з вантажної лебідки, переміщається по монорельсу, підвішеного до несучих конструкцій покриття або перекриття.

Консольно-поворотні крани вантажопідйомністю до 5 т використовують для передачі вантажу з одного прольоту на іншій

Підвісні крани вантажопідйомністю до 5 т обслуговують всю площа прольоту. Кран складається з двотаврової балки з електроталлю. Несуча балка крана за допомогою ковзаник пересувається по монорельсам, підвішеним до несучих конструкцій будівлі. Керують кранами з пола цеху або з кабіни, підвішеної до катучей балці.

Мостові крани вантажопідйомністю до 5-600 т обслуговують всю площу прольоту. Кран складається з ферми (моста), який переміщується по рейках на підкранових балках. Візок з підйомним механізмом переміщається по верху моста крана. Управління краном з кабіни.

Промисловий транспорт за сполученням буває: міжцеховий (звичайний транспорт) та внутрішньоцеховий.

Внутрішньоцеховий підрозділяється на:

- транспорт неперервної дії (до нього відносяться конвеєри, пневматичний та гідравлічний транспорт);
- транспорт періодичної дії.

До транспорту періодичної дії відносяться:

- група А підвісний транспорт, що передає навантаження на несучі конструкції будівлі (талі на монорейці, кран-балки, підвісні та мостові крани і т.п.).

- група Б підлоговий безрейковий та рейковий транспорт (козлові крани, авто- та електрокари, автонавантажники тощо).

ТЕМА 3 НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ НА БУДІВЛІ ТА ЇХ КОНСТРУКЦІЇ

- 3.1 Надійність будівельних об'єктів
- 3.2 Класифікація навантажень
- 3.3 Нормативні і розрахункові навантаження
- 3.4 Несилові впливи та захист від їх дії

3.1 Надійність будівельних об'єктів

Надійність будівельного об'єкта – властивість виконувати функції за призначенням протягом заданого проміжку часу.

Встановлена надійність має бути забезпечена на усіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта.

Етапи життєвого циклу будівельного об'єкта:

- вишукування і проєктування;
- виготовлення, транспортування та зберігання будівельних виробів;
- освоєння будівельного майданчика та зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;
- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт;
- реконструкція й подальше використання у нових умовах;
- ліквідація об'єкта.

Характеризується надійність: ремонтпридатністю, збереженістю, довговічністю, безвідмовністю.

Ремонтпридатність – пристосованість об'єкта до підтримання і відновлення роботоздатого стану за допомогою технічного обслуговування і ремонту

Збереженість здатність окремих елементів, будівлі до введення в експлуатацію та під час ремонтів протистояти негативному впливу незадовільного зберігання, транспортування, старіння до його монтажу.

Довговічність збереження працездатності до настання граничного стану з перервами для ремонтно-налагоджувальних робіт усунення раптово виникаючих несправностей.

Безвідмовність збереження працездатності без вимушених перерв протягом заданого періоду часу до появи першого або чергового відмови.

Чисельно надійність характеризується показниками ймовірності безвідмовної роботи, напрацюванням (часом експлуатації) до відмови, середнім строком служби. Відмовою вважається реалізація такого стану об'єкта, його частини або елемента, який призводить до появи значних матеріальних збитків чи соціальних втрат. При цьому розрізняються відмови-зриви, поява яких одразу ж викликає виникнення збитків (втрат), і відмови-перешкоди, після появи яких починається поступове накопичення збитків.

3.2 Класифікація навантажень

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

Навантаження – вплив, під яким розуміють, як безпосередньо силові впливи, так і впливи від зміщення опор, зміни температури, усадки та інших подібних явищ, що викликають реактивні сили.

Реакція – (внутрішні зусилля, напруження, переміщення, деформації) будівельних конструкцій на впливи, що враховуються.

Навантаження та впливи при розрахунку конструкцій приймають відповідно до «ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування».

I. Залежно від природи виникнення навантаження та впливи поділяються на механічні та немеханічної природи, які призводять до зниження несучої здатності і експлуатаційної придатності конструкцій.

До впливів немеханічної природи відносять температурні, впливи агресивного середовища – біологічні, хімічні (корозія), радіаційні та інші. Ці впливи приводять до зміни властивостей матеріалу (зниження ударної в'язкості при радіаційній дії), змінюють параметри роботи елементів (зменшення товщини елементів, підвищення концентрації напруг при корозії) і у результаті впливають на несучу здатність і довговічність конструкцій. Вони, як правило, враховуються в розрахунку опосередковано. Такі впливи називають непрямыми.

Механічні впливи, що безпосередньо враховуються в розрахунку, розглядаються як сукупність сил, прикладених до конструкції (навантаження), або як вимушені переміщення і деформації елементів конструкції.

II. Залежно від виду прикладення механічних навантажень до конструкцій їх поділяють на розтягувальні, стискальні, згинальні, зсувні, крутильні та ін. Простіше їх називають: розтяг, стиск, вигин, зсув, кручення тощо. Навантаженням відповідають деформації з такими ж назвами.

А. *Розтяг* – вид деформації, при якому зовнішні сили діють уздовж осі елемента, що проходить крізь центр його маси, та викликають збільшення його довжини у цьому напрямку. У кожному поперечному перерізі елемента виникають тільки поздовжні внутрішні зусилля і, відповідно, нормальні напруження σ .

Б. *Стиск* – вид деформації, при якому зовнішні сили діють уздовж осі елемента, що проходить крізь центр його маси, та викликають зменшення його довжини у цьому напрямку. Нормальні напруження σ та пружну деформацію однорідного елемента Δl при цьому визначають за формулами.

В. *Вигин* – вид деформації, при якому під дією зовнішнього навантаження викривлюється вісь або серединна поверхня елемента (балки, плити), та при цьому відсутні різкі зміни поперечних перерізів елемента. Чистий вигин – при якому зовнішня сила діє перпендикулярно осі елемента, закріпленого з одного боку або на кінцях.

Згинальний момент – добуток сили, що діє під кутом до поздовжньої осі

елемента, жорстко закріпленого хоча б в одній точці, на плече між точкою фіксації елемента та лінією дії сили.

Згинальний момент – обертове навантаження відносно точки опори, яке викликає вигин елемента.

Г. *Кручення* – вид деформації, викликаний прикладенням до тіла пари сил (моменту) в його поперечній площині, при якому зміщення кожної точки тіла є перпендикулярним до її відстані від осі прикладених сил та пропорційним цій відстані. Стрижень, що працює на кручення називають валом.

Д. *Зсув* – вид деформації, викликаний композитними силами, направленими під кутом до осі елемента, при якому величина зміщення кожної точки тіла зростає в напрямку, перпендикулярному напрямку зміщення.

Е. *Зім'яття* – вид місцевої пластичної деформації, що виникає при стисканні твердих тіл у місцях їх контакту. Зім'яття матеріалу починається, коли інтенсивність напружень при контакті досягає величини межі його текучості.

III. Залежно від характеру дії, під яким розуміють швидкість і частоту прикладення навантажень, навантаження поділяють на статичні, динамічні і циклічні.

За статичних навантажень швидкість вантаження є рівною нулю або настільки малою, що інерційні сили, викликані цим видом навантажень, в розрахунку можна не враховувати і використовувати методи статички споруд.

За динамічних навантажень швидкість вантаження є високою і інерційні сили, викликані цим видом навантажень, необхідно враховувати при розрахунку конструкцій. У цих випадках використовуються методи динаміки споруд. Норми на проектування сталевих конструкцій допускають враховувати вплив динамічного характеру навантажень шляхом множення статичного навантаження на коефіцієнт динамічності, що встановлюється на підставі теоретичних або експериментальних досліджень.

При дії циклічних навантажень, що багато разів повторюються, в конструкціях можуть виникнути втомні руйнування. В цьому випадку конструкції необхідно перевірити на витривалість.

IV. Залежно від причин виникнення навантаження і впливи поділяються на основні та епізодичні. Залежно від змінюваності у часі впливи поділяються на постійні та змінні (тимчасові). Залежно від тривалості неперервної дії змінні навантаження і впливи поділяються на тривалі, короткочасні та епізодичні (особливі).

Епізодичні навантаження, реалізуються надзвичайно рідко (один чи декілька разів протягом терміну експлуатації споруди) і тривалість дії якого незрівнянно мала порівняно з терміном експлуатації (аварійні навантаження і впливи);

До епізодичних навантажень належать:

а) сейсмічні, вибухові впливи;

б) навантаження при порушенні технологічного процесу, поломці обладнання;

в) впливи, обумовлені деформаціями основи (замочування просадкових

ґрунтів, зсуви ґрунтів).

Постійне навантаження – навантаження, яке діє практично не змінюючись протягом терміну служби споруди і для якого можна нехтувати зміною його значення у часі щодо середнього.

До постійних навантажень належать:

- а) власна вага частин споруд, в тому числі вага несучих та огорожувальних конструкцій;
- б) вага й тиск ґрунтів, гірський тиск.

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

Змінне тривале навантаження – змінне навантаження, тривалість дії якого може наближатися до встановленого терміну експлуатації конструкції

До змінних тривалих навантажень належать:

- а) вага тимчасових перегородок;
- б) вага стаціонарного устаткування, а також вага рідин і твердих тіл, що заповнюють обладнання;
- в) тиск газів, рідин і сипучих тіл у місткостях і трубопроводах;
- г) навантаження на перекриття в складських приміщеннях, холодильниках, книгосховищах і архівах;
- д) навантаження на перекриття від людей, тварин, обладнання із квазіпостійними розрахунковими значеннями.

Змінне короткочасне навантаження – змінне навантаження, яке реалізується багато разів протягом терміну служби споруди і для якого тривалість дії набагато менша.

До змінних короткочасних навантажень належать:

- а) навантаження від обладнання, які з'являються при налагодженні, випробуваннях, перестановці;
- б) вага людей, ремонтних матеріалів у зонах обслуговування й ремонту обладнання;
- в) навантаження на перекриття від людей, тварин, обладнання;
- г) навантаження від рухливого підйомно-транспортного обладнання;
- д) снігове, вітрове, льодове навантаження;
- є) температурні кліматичні впливи.

Величини цих навантажень приймають за нормативною літературою (ДСТУ, ДБН, каталоги, стандарти та ін.) або завданням на проєктування. Короткочасні навантаження визначають за нормативною літературою. Навантаження від підйомно-транспортного обладнання наведені у стандартах та заводських паспортах.

3.3 Нормативні і розрахункові навантаження

Основними факторами, від урахування яких залежить надійність конструкцій, є: навантаження та впливи; міцнісні, деформативні та інші властивості матеріалів і ґрунтів; умови експлуатації та особливості роботи конструкцій та основ фундаментів.

Всі навантаження в тій або іншій мірі є випадковими, і при

математичному описі їх можна бути представити у вигляді випадкових величин (наприклад, власну вагу конструкцій) або випадкових функцій часу (наприклад, вітер). Проте при розрахунку конструкцій за граничними станами приймають детерміновані значення навантажень. Тому для забезпечення необхідного рівня надійності при розрахунку конструкцій за першою групою граничних станів слід приймати максимальні значення навантажень з високим ступенем забезпеченості. При розрахунку за другою групою граничних станів, тобто в умовах нормальної експлуатації, забезпеченість може бути нижче.

Основні положення за розрахунком встановлюють два значення навантажень: *нормативні* і *розрахункові*.

Нормативними називають навантаження (постійні та тимчасові), що відповідають умовам нормальної експлуатації. Цим навантаженням відповідають *нормативні зусилля*. При позначенні їх вводять літеру n , наприклад, P_n – нормативне навантаження; M_n – нормативний момент; N_n – нормативна нормальна сила та ін.

Нормативні навантаження залежать від матеріалу, розмірів, призначення конструкцій. Їх величину вказують у нормах проектування, обумовлюють у технічному завданні або визначають за проектними значеннями геометричних параметрів устаткування або конструкцій.

При експлуатації будівель і споруд можливе відхилення навантажень у несприятливу (більшу або меншу) сторону від їх нормативних значень як унаслідок природної змінюваності навантажень, так і відступів від умов нормальної експлуатації. Таке відхилення враховується *коефіцієнтом надійності за навантаження*. Значення цього коефіцієнта залежить від характеру навантаження і ступеня його змінюваності. Величини коефіцієнтів надійності за навантаженням визначають на підставі статистичної обробки результатів спостережень, експериментальних досліджень або встановлюють на підставі досвіду проектування.

Добуток нормативного навантаження на коефіцієнт надійності за навантаженням називають **розрахунковим навантаженням**. Тобто при розрахунках конструкцій приймають розрахункові навантаження:

3.4 Несилові впливи та захист від їх дії

До несилових впливів відносяться ті, що безпосередньо не стосуються механічної міцності будівлі, але змінюють її інші властивості і умови функціонування

Види несилових впливів:

- атмосферна і ґрунтова волога
- перемінні температури
- сонячна радіація (інсоляція)
- інфільтрація зовнішнього повітря
- агресивні хімічні випаровування
- біологічні виливи
- шум

Атмосферна і ґрунтова волога. Призводить до зміни деяких фізичних

параметрів (щільності, теплоємності та ін.) і структури матеріалів, викликає їх корозію.

За способом проникнення зволоження у конструкції:

- краплинорідке (атмосферною вологою);
- капілярне (грунтовою вологою, що піднялася по капілярах);
- гігроскопічне (вологою, яка поглинається з повітря за температури конструкції вище точки роси);
- конденсаційне (вологою, що перейшла з пароподібного стану в рідкий за температури навколишнього середовища нижче точки роси).

За джерелом зволоження:

- будівельна (у ході зведення),
- атмосферне (опади),
- технологічне, або по іншому, побутове (від горіння)
- зволоження грунтовою вологою.

Попередження та боротьба:

- 1 використання гідроізоляційних будівельних матеріалів;
- 2 улаштування шарів гідроізоляції від зон підвищеної вологості (вертикальна, горизонтальна гідроізоляції, отмостка);
- 3 осушення конструкцій.

Перемінні температури. Спричиняють лінійні зміни розмірів конструкцій (температурні деформації), що може викликати їх зіпсування та руйнування.

Спричиняють деформації внаслідок:

- зміни агрегатного стану вологи у конструкції;
- впливу на фізичні розміри матеріалу конструкції (металеві конструкції)
- різності сприйняття підвищених та низьких температур (фізичні властивості)

Попередження та боротьба:

- 1 усунення надмірної вологості;
- 2 урахування зміни температурних деформацій матеріалу конструкції етапі проєктування (компенсатори лінійного розширення)

Сонячна радіація. Обумовлює зміни фізико-механічних властивостей верхніх шарів матеріалів, впливає на світловий і температурний режим приміщення, викликає обезбарвлення кольорових поверхонь, що погіршує їх зовнішній вигляд.

Попередження та боротьба з наслідками дії:

- 1 урахування властивостей матеріалу на етапі проєктування конструкції;
- 2 захист конструкції від дії сонячної радіації.

Інфільтрація зовнішнього повітря через щілини огорожувальних конструкцій (протяги). Впливає на теплоізоляційні властивості і температурно-вологісний режим приміщень.

Попередження та боротьба:

- 1 усунення надмірної вологості;
- 2 урахування фізичних властивостей матеріалу конструкції на етапі проектування або ремонту.

Агресивні хімічні випаровування. Викликають корозію та спричиняють руйнування матеріалів конструкцій, псують їх зовнішній вигляд

Попередження та боротьба:

- 1 захист конструкції стійкими матеріалами до агресивного середовища;
- 2 урахування умов експлуатації на етапі проектування.

Біологічні впливи. Шкода від діяльності мікроорганізмів, комах, гризунів, що призводить до руйнування конструкцій або до порушення санітарно-гігієнічних норм.

Попередження та боротьба:

- 1 усунення зволоження конструкцій;
- 2 обробка конструкцій та приміщень антисептиками, та інсектицидами;
- 3 захист від надмірної вологості на етапі проектування та експлуатації.

Антисептики – хімічні розчини (солі борної кислоти), які знешкоджують грибні спори (Антисептики – протигнільні засоби).

Інсектициди – це речовини, які є отрутою для комах та шкідників.

Шум. Порушує нормальний акустичний режим приміщень і призводить до руйнування конструкцій.

- повітряний шум.
- ударний шум.

Повітряний шум виникає, коли його джерело знаходиться назовні конструкції (не співпадає з нею). Повітряний шум проникає у приміщення через нещільності в огороженні. Також він може проникати безпосередньо через матеріал конструкції.

Враховуючи особливості впливу повітряного шуму, для боротьби з ним застосовують такі способи:

1. забиття нещільностей у місцях сполучень;
2. збільшення маси конструкції;
3. створення шарів з різною звукопроникністю.

Ударний шум утворюється безпосередньо у конструкціях при ударах або терті і передається через місця сполучення деталей конструкції. Має складний шлях проходження.

Для боротьби з ним застосовуються:

1. пружні прокладки у місцях сполучень деталей;
2. шаруватість деталей (чергування матеріалів різної густини);
3. рознесення огорожувальних конструкцій (утворення повітряного прошарку).

ТЕМА 4 ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

- 4.1 Фізичне та моральне зношування будівель і споруд
- 4.2 Параметри експлуатаційних якостей будівель
- 4.3 Система технічної експлуатації будівель

4.1 Фізичне та моральне зношування будівель і споруд

Проектування в сучасних умовах триває залежно від складності об'єкту місяць (або місяці) і складає за витратами приблизно 0,3-2 % від вартості зведення; зведення будівлі залежно від його складності триває звичайно місяці (іноді роки); експлуатація, тобто підтримка будівлі в справному стані, триває десятки, а то і сотні років, причому за витратами вона щорічно складає 2-3 % від відновної вартості на будівельну частину і 4-5 % на утримання інженерною устаткування. З цього виходить, що приблизно через кожні 12-13 років витрати на експлуатацію будівель прирівнюються витратам на їх зведення. Тому важливо, щоб експлуатаційні витрати були можливо меншими.

Знос будівлі це процес погіршення експлуатаційних показників будівлі в часі (з урахуванням зміни вимог) під впливом різноманітних факторів (внутрішніх і зовнішніх, природних і штучних).

Фізичний знос будівлі (елемента) – величина, що характеризує ступінь погіршення технічних і пов'язаних з ними експлуатаційних показників будівлі (елемента).

Моральний знос будівлі (елемента) – величина, що характеризує ступінь невідповідності об'ємно-планувальних, санітарно-гігієнічних, економічних та естетичних показників будівлі сучасним експлуатаційним вимогам.

Моральний знос 1-ї форми це зниження вартості протягом часу існуючої будівлі щодо вартості будівництва аналогічної нової будівлі.

Моральний знос 2-ї форми це невідповідність будівлі (чи елемента) зміненим експлуатаційним і соціальним вимогам (сучасні вимоги до комфорту вищі за ті, що були колись під час будівництва існуючої будівлі); втрата будівлею певної частки технологічної відповідності її призначенню, відновлення якої пов'язане з додатковими витратами.

За ступенем фізичного й морального зносу визначають економічний строк служби будівлі. Це приблизний строк, по закінченні якого виникає потреба або капітального ремонту, або реконструкції, або припинення експлуатації будівлі.

4.2 Параметри експлуатаційних якостей будівель

Три основні етапи (проектування, будівництво, експлуатацію) будівлі об'єднує застосування єдиних параметрів експлуатаційних якостей (ПЕЯ). Цей термін є аналогом терміна «експлуатаційні показники будівлі», але конкретніше.

Параметри експлуатаційних якостей (ПЕЯ) будівель це науково

обґрунтовані характеристики (одна чи декілька) конструктивних елементів, середовища і т. под.

Міцність конструкції виражається її несучою здатністю. Як приклад: зовнішня стіна будівлі за герметичністю характеризується коефіцієнтом повітропроникнення, а за теплозахистом температурою внутрішньої поверхні, що науково обґрунтовано й введено у норми проектування. Крім того, розглядаються характеристики й інших конструктивних елементів, інші їхні експлуатаційні якості.

Будівельники своїми методами й засобами, поетапним контролем домагаються матеріалізації встановлених параметрів. За їх значенням робочі і державні комісії приймають в експлуатацію будівлі, заміряючи фактичні значення параметрів, які персонал експлуатаційної служби має підтримувати на заданому рівні, застосовуючи свої методи і засоби. Таке використання числових значень ПЕЯ дозволяє ставити все будівництво, у тому числі й експлуатацію, на наукову основу. Чим досконаліші ПЕЯ, тим вища якість і ефективність всього будівництва.

Експлуатаційну придатність кожної будівлі визначають дві групи ПЕЯ.

Перша група ПЕЯ параметри фізичної довговічності:

- міцність;
- стійкість;
- жорсткість;
- безпечність;
- теплостійкість;
- вологостійкість;
- герметичність огорожувальних конструкцій;
- звукоізоляція огорожувальних конструкцій.

Друга група ПЕЯ параметри моральної довговічності:

- відповідність технології;
- відповідність архітектурним критеріям;
- естетичність;
- комфортність;
- екологічність;
- гігієнічність.

У процесі будівництва й експлуатації важливу роль відіграє діагностика технічного стану будівель, уміння за допомогою швидкодіючих приладів оцінити фактичне значення кожного параметра. Тільки тоді можна впевнено стверджувати, що побудована саме задумана споруда й експлуатується вона правильно.

4.3 Система технічної експлуатації будівель

Технічна експлуатація будівель і споруд це комплекс заходів, які забезпечують безвідмовну роботу всіх елементів і систем будинку протягом не менш нормативного терміну служби, функціонування будівлі за призначенням.

Нормативний термін служби будівлі – середній термін служби будівлі,

прийнятий для розрахунку норм амортизаційних відрахувань.

Амортизаційні відрахування частини вартості основних фондів для відшкодування їх зносу.

Технічна експлуатація будівель і споруд повинна забезпечувати:

- нормальні санітарно-гігієнічні й культурно-побутові умови для мешканців;
- терміни служби будівель і споруд у межах установлених нормативів;
- -пожежну безпеку всіх будівель і споруд, майна й устаткування, що знаходиться в них;
- правильну й ощадливу витрату коштів і матеріальних ресурсів, що відпускаються на обслуговування і ремонтно-будівельні роботи;
- нормальну й безаварійну роботу інженерного устаткування;
- -водопостачання, каналізацію, теплопостачання, вентиляцію, електропостачання, газопостачання і т.д.

Задачі технічної експлуатації:

- здійснення усіх вимог чинних нормативів, посібників, інструкцій і настанов з технічної експлуатації казармено-житлового фонду і комунальних споруд;
- підготовки й перепідготовки кваліфікованого експлуатаційного персоналу;
- своєчасного проведення поточного й капітального ремонту;
- матеріально-технічного забезпечення експлуатаційних недоліків.

Залежно від призначення будівлі і споруди бувають опалювані, неопалювані і складаються з окремих конструктивних елементів, взаємопов'язаних між собою: фундаменти, стіни, перекриття, віконні й дверні прорізи та їхні заповнення, дахи, печі, сходи, пристрої, що забезпечують відведення атмосферних, талих і ґрунтових вод від будівель і споруд (ринви, вимощення, тротуари, дренажі) і т.д.

До комплексу заходів з технічної експлуатації входять:

1 *огляди* – це комплекс технічних заходів для контролю технічного стану конструкцій та елементів в процесі експлуатації, а також у період її тимчасового припинення.

2 *ремонти* – це комплекс технічних заходів, спрямованих на підтримання чи відновлення експлуатаційних якостей як для будівлі в цілому, так і її окремих конструкцій у межах, близьких до початкових. Терміни проведення ремонту будівель та їх конструктивних елементів. його обсяг визначають на підставі обстежень і оцінки їх технічного стану.

Технічні огляди будівель та споруд

За обсягом робіт поділяються на:

- загальні, або комплексні
- часткові, або вибіркові

За періодичністю робіт поділяються на:

- систематичні або чергові

– періодичні, або позачергові.

При загальному огляді підлягає обстеженню вся будівля або споруда в цілому, включаючи всі конструкції будівлі або споруди, в тому числі інженерне обладнання, різні види оздоблення і всі елементи зовнішнього благоустрою,

При комплексному огляді весь комплекс будівель і споруд (наприклад залізничні колії зі штучними спорудами).

При частковому огляді обстеженню піддаються окремі будівлі (споруди) комплексу або

При вибіркового огляді обстеженню піддаються окремі конструкції, види обладнання (наприклад ферми і балки будівлі, мости і труби на автомобільному шляху, колодязі на каналізаційній і водопровідній мережі).

Систематичні огляди будівель здійснюються через встановлений нормами проміжок часу (місяць, 3 місці, півроку і т.п.)

Чергові огляди будівель здійснюються двічі на рік весною та восени.

Весняний огляд має на меті обстеження стану будівлі (споруди) після танення снігу чи зимових дощів.

Під час весняного огляду уточнюються обсяги робіт з поточного ремонту будівель (споруд), що проводиться у літній період, і робіт з капітального ремонту для включення їх у план наступного року. Під час осіннього огляду проводиться перевірка підготовки будівель і споруд до зими. До цього часу мають бути закінчені всі літні роботи з поточного ремонту.

Позачергові огляди здійснюють після стихійного лиха (пожежі, ураганних вітрів, великих злив чи снігопадів, після коливання поверхні землі в районах з підвищеною сейсмічністю та ін.) або аварій.

Крім наведених завдань, метою технічних оглядів є розробка пропозицій щодо поліпшення технічної експлуатації будівель, а також якості проведення усіх видів ремонту.

Ремонти будівель та споруд

Згідно з положеннями норм ремонтні роботи для виробничих будівель і споруд поділяються на два види (залежно від стану несучих та огорожуючих конструкцій):

– *поточний ремонт* (для нормального або задовільного стану) за періодичності ремонту до 1 року;

- *капітальний ремонт* (для непридатного до нормальної експлуатації стану будівель (споруд) або окремих конструкцій) за періодичності ремонту більше від 1 року. *Капітальний ремонт буває:* вибіркового, комплексний, з роботами поліпшення благоустрою будівлі

Поточний ремонт будівлі комплекс ремонтно-будівельних робіт з метою відновлення її конструкцій та систем інженерного обладнання, а також підтримання експлуатаційних якостей, не пов'язаних зі зміною основних техніко-економічних показників.

Роботи з поточного ремонту виконуються регулярно протягом року за графіками, що складаються службою спостереження за безпечною експлуатацією будівель і споруд підприємства на основі опису загальних,

поточних та позачергових їх оглядів, а також за заявками персоналу, що експлуатує об'єкти.

Пошкодження аварійного характеру, що створюють небезпеку для працюючого персоналу чи призводять до пошкодження обладнання, сировини і продукції або до руйнування конструкції будівлі, повинні усуватися терміново.

Капітальний ремонт будівлі комплекс ремонтно-будівельних робіт, пов'язаних з відновленням або покращенням експлуатаційних показників, із заміною або відновленням несучих або огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання без зміни будівельних габаритів об'єкту та його техніко-економічних показників.

Вибірковий капітальний ремонт будівель і споруд – такий що складається з ремонту окремих конструкцій будівлі чи споруди або окремого виду інженерного обладнання.

Комплексний капітальний ремонт охоплює будівлю чи споруду в цілому, залежно від їх капітальності й умов експлуатації має здійснюватися із додержанням періодичності, наведеної у рекомендаціях нормативних документів.

До робіт із поліпшення благоустрою будівлі належать: поліпшення електричного освітлення приміщень (уключаючи заміну світильників), опалення і вентиляції; улаштування у будівлях кімнат гігієни жінок і розширення роздягалень; розширення існуючих санітарних вузлів; покриття буличних і щебеневих вимощень асфальтом. При проведенні капітального ремонту не допускається заміна існуючих конструкцій такими, що не відповідають діючим технічним умовам та нормам нового будівництва.

Планування ремонтів. Основою стратегічного планування ремонтів мають бути технічні звіти оглядів, їх аналіз та техніко-економічні показники, які дають можливість визначити необхідність виконання відповідного ремонту.

Усі роботи, передбачені системою планово-запобіжних ремонтів на виробничих будівлях і спорудах, виконуються за річними планами (графіками), що затверджені власниками (керівниками) підприємств.

Плани ремонтів складаються на основі даних технічних оглядів будівель та споруд, окремих конструкцій і видів інженерного обладнання.

План капітального ремонту складається підприємствами у грошовому еквіваленті та натуральних показниках і повинен містити:

- затверджений керівником об'єднання, підприємства титульний список об'єктів ремонту;
- перелік основних робіт;
- кошторисну вартість робіт;
- календарні графіки ремонтів;
- потребу в основних матеріалах, будівельних виробках, транспорті, засобах механізації і робітниках.

Організація проведення ремонтних робіт. Роботи з усіх видів ремонтів можуть виконувати підрядні будівельно-монтажні, ремонтно-будівельні організації і підприємства-виробники обладнання, якщо вони мають

обладнання, досвід та ліцензію на виконання таких робіт.

Приймання в експлуатацію після капітального ремонту. Об'єкти виробничого призначення, після закінчення робіт із капітального ремонту, надаються замовнику до прийняття. Комісії з остаточного приймання робіт призначаються керівником підприємства чи організації.

Приймання в експлуатацію об'єктів виробничого призначення з недоробками, що перешкоджають їх експлуатації й погіршують санітарно-гігієнічні умови та безпеку праці працюючих, заборонене.

Технічна документація, що надається ремонтно-будівельною організацією при здаванні капітально відремонтованих об'єктів, повинна містити у своєму складі:

- проєктно-кошторисну документацію (виконавчі креслення, кошториси);
- журнал робіт;
- акти проміжних приймань і оглядів;
- акти приймання прихованих робіт;
- іншу документацію, обов'язкову до подання за ДБН.

Акти комісії з приймання відремонтованих будівель і споруд мають бути затверджені інстанцією, що затвердила проєктно-кошторисну документацію.

Технічна документація з виконаних робіт і акти приймання відремонтованих будівель і споруд зберігаються на підприємстві разом із документами будівництва об'єкта.

Вартість та терміни виконання технічного обстеження будівель і споруд визначається такими факторами:

- розміщення об'єкту;
- будівельний об'єм об'єкту;
- площа об'єкту;
- стан об'єкту;
- мета обстеження;
- наявність документації (проєкт, звіт про раніше проведені технічні обстеження, інформація про аварії в спорудах);
- точністю технічного завдання;
- наявністю доступу до конструкцій.

ТЕМА 5 ДЕФЕКТИ ТА ПОШКОДЖЕННЯ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

5.1 Деформації будівель та споруд

5.2 Ознаки пошкоджень та деформацій

5.3 Механізм корозійного процесу руйнування конструкцій

5.4 Характерні уразливі місця конструкцій будівель та споруд

5.1 Деформації будівель та споруд

При експлуатації споруд першочергове значення має забезпечення безвідмовної роботи всіх конструкцій і систем на термін, не менший за нормативний термін служби, а також правильна і своєчасна оцінка їхнього технічного стану, виявлення дефектів і початку ушкодження. Це необхідно для збереження споруд за мінімальних витрат сил, засобів і планомірної роботи квартирно-експлуатаційної служби.

Найхарактернішими деформаціями залежно від характеру розвитку нерівномірних осадок основ і жорсткості будівель є:

- крен;
- прогин і вигин (перегин);
- перекіс;
- кручення.

Крен будівлі – повертання будівлі відносно горизонтальної осі. Така деформація характерна для вузьких і високих будівель. Граничне значення крену не повинно перевищувати 0,004 висоти будівлі.

Прогин і вигин (перегин) – викривлення будівлі вздовж її поздовжньої осі.

Прогини будівель обмежуються їх граничними значеннями від довжини ділянки, на якій визначається прогин (L довжина ділянки, на якій визначено прогин):

- для цегляних і блокових будівель $0,00013L$;
- для крупнопанельних будівель $0,0007L$,

Перекіс – значна різниця осадок конструкцій на короткій ділянці.

Кручення – неоднаковий крен за довжиною будівлі, за якого в двох її перерізах він розвивається в різні боки.

Прогин та вигин пов'язані з викривленням будівлі, при цьому прогин є менш небезпечним за вигин, оскільки в будівлі, як правило, не порушуються зв'язки між конструктивними елементами і вона рідше розбивається наскрізними тріщинами на окремі блоки. Проте, в практиці експлуатації будівель (особливо старої цегляної забудови) найчастіше спостерігається саме вигин, що пояснюється перевантаженням поздовжніх стін торцевими стінами, які мають значну вагу, та влаштуванням в будівлях арочних проїздів.

Перекошування виникають у будівлях і спорудах, коли суттєвої нерівномірності осідання виникають на окремих невеликої протяжності ділянках при збереженні проєктного положення основної частини будівлі чи інженерної споруди.

Характер деформацій будівель та інженерних споруд залежить від типу їхньої жорсткості. Розрізняють будівлі і споруди абсолютно жорсткі, абсолютно гнучкі та кінцевої жорсткості. Абсолютно жорсткі будівлі і споруди мають дуже велику жорсткість у вертикальному напрямку (димові труби, водонапірні башти, силосні корпуси, будинки з підвищеною кількістю поверхів тощо), тому при нерівномірному осіданні в них можуть виникати деформації у вигляді крену. В абсолютно гнучких спорудах (галереї, естакади, акведуки) фундаменти без перешкод прямують за деформаціями основи, при цьому розвиток нерівномірних осідань практично не впливає на виникнення додаткових зусиль у конструкціях споруди.

5.2 Ознаки пошкоджень та деформацій

Можливі пошкодження (деформації) класифікуються за наступними основними ознаками:

- а) причинами, що їх викликають;
- б) вагомістю наслідків руйнування і трудомісткістю відновлення будівель;
- в) механізмом корозійного процесу руйнування конструкцій.

Причини пошкоджень(деформацій) будівель:

- вплив зовнішніх природних і штучних факторів (атмосферних, кліматичних, сейсмічних, біологічних);
- вплив внутрішніх факторів, зумовлених технологічним процесом (шкідливі виділення, технологічні забруднення, механічні впливи);
- прояв дефектів, допущених при дослідженні, проєктуванні і зведенні будівель (неправильно вибрана конструктивна схема і об'ємно-планувальні рішення, втрата міцності і стійкості конструкцій, невідповідність прийнятих матеріалів конструкцій їх довговічності);
- недоліки та порушення правил експлуатації будівель, споруд і санітарно-технічного устаткування (відсутність систематичних оглядів і несвоєчасне виявлення дефектів і пошкоджень, відсутність поточних планових і позапланових ремонтів).

Залежно від вагомості наслідків деформацій виділяють три категорії пошкоджень:

1-ша категорія пошкодження аварійного характеру, усунення яких пов'язано із заміною конструкцій;

2-га категорія пошкодження несучих конструкцій, які можна ліквідувати під час капітального ремонту заміною або посиленням;

3-тя категорія пошкодження другорядного характеру, які можна усунути в процесі поточних ремонтів.

Задача експлуатаційних служб полягає в своєчасному і правильному визначенні рівня (категорії) пошкоджень в кожному конкретному випадку і терміновому виконанні заходів з їх усунення. Несвоєчасне усунення пошкоджень конструкцій, як правило, приводить до пониження категорії.

5.3 Механізм корозійного процесу руйнування конструкцій

Термін "корозія" характеризує як процес руйнування, так і результат цього процесу. В більшості випадків, кажучи про корозію матеріалів, мають на увазі небажаний процес взаємодії матеріалу з середовищем. Середовище, в якому матеріал піддається корозії (кородує), називається корозійним, або агресивним середовищем.

Руйнацію матеріалу конструкцій під впливом навколишнього середовища називають корозією, якщо вона супроводжується хімічним, фізико — хімічним або електрохімічним процесами; чи ерозією, якщо руйнація супроводжується механічними діями потоків повітряного середовища, рідин, твердих пилоподібних часток.

Класифікація корозійних процесів:

I За природою і механізмом процесів взаємодії навколишнього середовища з матеріалами;

II За умовами протікання (або типом агресивного середовища);

III За характером корозійного руйнування: суцільна (загальна) або місцева.

I. За природою і механізмом процесів взаємодії навколишнього середовища з матеріалами:

- хімічна корозія;
- електрохімічна корозія;
- фізична корозія;
- біологічна корозія;
- змішана корозія.

Хімічна корозія. Взаємодія матеріалу з корозійним середовищем, при якій відбуваються хімічні процеси (окислення, відновлення) в одному акті за відсутності електролітів.

Електрохімічна корозія. Руйнування матеріалів під впливом розчинів електролітів. При цьому відбуваються два процеси окислювальний (розчинення металу) й відновлювальний (виділення водню, відновлення кисню, виділення металу з розчину та ін.). Процеси розчинення металу супроводжуються направленим переміщенням електронів у металі та іонів у електроліті від одних ділянок металу до інших, тобто виникненням електричного струму. Ділянка металу, яка розчиняється, називається анодом; ділянка металу, на якій відбувається розряд надлишкових електронів, катодом (рис. 1.3). Електрохімічна корозія металів спостерігається у вологій атмосфері, річковій, морській воді.

Фізична корозія. Руйнування цілісності виробу або конструкції без протікання хімічних реакцій у матеріалі. Наприклад, тріщини в результаті внутрішніх або динамічних напруг.

Біологічна корозія. Руйнування матеріалу або виробу під впливом біологічних організмів (бактерій, грибів, рослин, комах і т.д.).

При змішаному типі корозії відбувається накладення і взаємне посилення корозійних процесів різного типу.

II За умовами протікання (або типом агресивного середовища):

- газова корозія;
- атмосферна;
- рідинна;
- ґрунтова;
- корозія під впливом зовнішніх і блукаючих струмів;
- корозія при терті або під напругою руйнування матеріалу;
- структурна корозія;
- контактна корозія.

Газова корозія. Протікає в середовищі агресивного газу. Приклад корозія металів за високих температур.

Атмосферна корозія. Корозія в повітряній атмосфері, звичайно у вологому середовищі або в середовищі іншого вологого газу. За відсутності вологи атмосферна корозія переходить у газову.

Рідинна корозія. Протікає в різноманітних рідких середовищах електролітах (розчини кислот, лугів, солей, морська, річкова вода, розплави солей і т.д.). Умови протікання рідинної корозії можуть бути дуже різноманітними.

Ґрунтова корозія. Корозія у ґрунтах.

Корозія під впливом зовнішніх і блукаючих струмів.

Корозія при терті або під напругою руйнування матеріалу. При сумісному впливі корозійного середовища і механічних напруг, тертя, вібрації і т.д.

Структурна корозія. Корозія в результаті структурної неоднорідності матеріалів.

Контактна корозія — сполучення електрохімічно неоднорідних матеріалів у електропровідному середовищі. Прикладом може бути прискорене руйнування металу при його контакті з іншим металом, що має більший потенціал. Можна виділити й інші види корозії.

III За характером корозійного руйнування:

- суцільна (загальна);
- місцева.

При суцільній корозії кородує вся поверхня матеріалу. Вона відповідно ділиться на рівномірну, нерівномірну, вибірккову (корозійний процес розповсюджується переважно по якій-небудь структурній складовій).

Місцева корозія є найбільш небезпечним видом корозії металевих конструкцій. Вона погано виявляється і часто є причиною серйозних руйнувань. Місцева корозія буває;

- плямами, коли діаметр ураження більший за глибину;
- крапкова, коли діаметр ураження менший за глибину проникання;
- виразками, коли діаметр ураження приблизно дорівнює глибині проникання;
- щілинна;
- ниткоподібна;

- міжкристалітна (ножова), коли руйнування зосереджене по границях кристалу;
- наскрізна.

Кількісні показники корозії ґрунтуються на змінах фізичних величин або фізико-механічних властивостей виробів у результаті протікання корозійних процесів.

Найбільш часто вживані показники корозії:

- глибинний визначення середньої (або максимальної) глибини корозійного руйнування матеріалу, мм/рік;
- зміна товщини плівки продуктів корозії, мм/рік;
- зміна маси або об'єму зразка, г/(м²г) або см³/(см²г);
- показник міцності корозії зміна межі міцності при розтягуванні (стисненні) за час корозії, %

5.4 Характерні уразливі місця конструкцій будівель та споруд

Характерні уразливі місця конструкцій будівель та споруд.

На даху: місця з'єднання покрівлі із трубами й іншими надбудовами, з вирвами внутрішніх водостоків; карнизи, розжолобки, утеплювач, захисне фарбування покрівлі.

На стіні: стики панелей, закладні деталі й з'єднання, утеплювач тришарових панелей, простінки й перемички, місця проходження водостоків, захисне покриття.

На цоколі: місця сполучення стін з вимощенням, оздоблювальний захисний шар, горизонтальна гідроізоляція.

В перекритті: середина прогону, опорна частина, зони зволоження й зосередження навантажень, шви між панелями, місце проходження труби.

В колонах: місця спирання балок і настилів, вертикальні грані (ребра). У воротах, вікнах, дверях: портали й коробки, петлі й запори, нижні обв'язки, захисне покриття.

У фундаментах: місця сполучення з вимощенням, зона зволоження й зона промерзання ґрунту.

В підвалинах: зони застою або припливу води, зволоження й вимивання підвалин, зона промерзання й руху підвалин, зона перевантаження

Аналіз досвіду експлуатації будівель і споруд дозволив виявити характерні, найбільш уразливі місця і дефекти, із яких починається руйнування конструкцій.

Руйнування навантажених конструкцій проходить три стадії:

- стадію зародження тріщин у місцях великих концентрацій напруг і різноманітних дефектів;
- стадію повільного їхнього розвитку;
- стадію лавиноподібного руйнування за досягнення критичних напружень.

Тривалість кожної стадії залежить від ступеня навантажень конструкцій, рівня концентрації напруг у порівнянні з номінальними, характеру дефектів,

додаткових впливів агресивного середовища і т. п.

Причинами руйнування конструкцій найчастіше є конструктивні і технологічні концентратори напруги, споконвічні тріщини, дефекти зварювання, місця різких змін перетинів, стики конструкцій і т.п.

Початок руйнування зумовлений несприятливим поєднанням руйнівних факторів, висока вологість, низька температура, скупчення снігу, пилу, забруднення повітря пилом, сполуками сірки та ін.

Руйнування конструкцій пояснюється:

- у виробничих будівлях – великими прольотами конструкцій і навантаженнями на них, агресивним впливом середовищ у зонах концентрації напруги;

- у житлових виходом з ладу стиків великих панелей, виконаних на недовговічних мастичних герметиках;

- у балкових конструкціях як тих, що найбільш складно працюють на розтягання при вигині;

- у кам'яних і бетонних через низьку їхню якість, поганий захист від впливу руйнуючої дії.

ТЕМА 6 БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ЯК БАЗОВИЙ ЕЛЕМЕНТ МІЦНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР

- 6.1 Основні відомості про будівельні матеріали
- 6.2 Методи випробування матеріалів, виробів і конструкцій
- 6.3 Поведінка будівельних матеріалів в умовах пожежі
- 6.4 Поведінка будівельних конструкцій в умовах пожежі

6.1 Основні відомості про будівельні матеріали

До будівельних матеріалів (від лат. *materia* речовина) належать речовини, що мають властивості, необхідні для їхнього застосування в конструкціях і виробках будівельного призначення.

За винятком природних каменів та деревини, будівельні матеріали це штучні продукти, в основі одержання яких лежать хіміко-технологічні процеси.

У сучасному будівництві як основні матеріали для будівельних конструкцій використовуються залізобетон, метал (сталь і алюмінієві сплави), дерево і пластмаси.

Для фундаментів на природній основі, для стін підвалів і технічних підпіль використовують збірні залізобетонні і бетонні вироби, а також монолітний залізобетон. Для стін будинків до 9 поверхів можуть застосовуватися цегла, монолітний бетон, блоки з місцевих матеріалів, бетонні і залізобетонні багатошарові панелі, панелі з легких бетонів – керамзитобетону, пемзобетону, перлітобетону, ніздрюватого бетону, газо- і пінобетону, газшлакобетону, піносілікатобетону. Для будинків вище 9 поверхів рекомендуються панельні стіни або каркасні з цегляним заповненням. Перекриття виконуються переважно зі збірних виробів, монолітного і збірно-монолітного залізобетону.

Для покриттів цивільних будівель використовують суміщені покриття або кроквяні конструкції. Кроквяні конструкції виготовляють з деревини, залізобетону або металу.

Для будівель і споруд, які будуються у районах з великою кількістю лісів, поширене використання несучих і огорожувальних дерев'яних конструкцій, переважно клеєних. Як покриття рекомендовано використовувати клеєні, а також клеєфанерні конструкції з водостійкої фанери.

Класифікація будівельних матеріалів

У будівництві використовують ряд матеріалів, кількість яких постійно зростає. Єдиної класифікації будівельних матеріалів не розроблено, існують дуже багато класифікаційних ознак і складні структури зв'язків між окремими групами матеріалів.

Будівельні матеріали класифікують за такими ознаками:

1 Походження

- природні (використовуються без суттєвої переробки);
- штучні.

2 Призначення

- конструкційні (для влаштування стін, перекриттів, каркасів метал, цегла, деревина, бетон, залізобетон);
- в'язучі (для кам'яної кладки, бетонів, штукатурки цементи, гіпс, вапно, бітуми);
- теплоізоляційні (пінобетон, повсть, мінеральна вата, пінопласт, тощо);
- покрівельні та гідроізоляційні (черепиця, шифер, толь, руберойд, покрівельне залізо, тощо);
- оздоблювальні та облицювальні (камінь, кераміка, пластики, лінолеум, тощо).

3 Агрегатний стан: тверді, рідкі, гази.

4 Структура: кристалічні, аморфні, коагуляційні, щільні, пористі, пілоподібні.

5 Речовий склад: мінерали, деревина, метал, органіка.

6 Кількість компонентів: одно-, двох та багатокомпонентні.

7 Спосіб одержання: плавлені, полімеризовані, спечені, обпалені...

8 Техніко-економічні показники: надійність, довговічність, вартість.

9 Пожежно-технічні показники: горючість.

Найважливіша класифікація будівельних матеріалів за призначенням.

Фізичні властивості. будівельних матеріалів

Властивості будівельних матеріалів визначають їх якість і галузь застосування. Під властивістю прийнято розуміти здатність матеріалу певним чином реагувати на окремий, або діючий разом з іншими, зовнішній або внутрішній фактор.

До фізичних належать наступні властивості:

- густина матеріалу;
- пористість;
- пустотність;
- водопоглинання ;
- водостійкість;
- вологовіддача;
- гігроскопічність;
- гідрофобність;
- морозостійкість;
- термічна стійкість;
- теплоємність;
- вогнестійкість;
- вогнетривкість.

Густина матеріалу або речовини це маса одиниці його об'єму.

Справжня густина ρ це маса одиниці об'єму твердої речовини (без шпар та пустот); її обчислюють у г/см^3 , кг/м^3 , т/м^3 . Для рідких будівельних матеріалів густину визначають за допомогою ареометра, занурюючи його в

рідину й фіксуючи за шкалою показник густини.

Середня густина або об'ємна маса, а для насипного матеріалу насипна щільність визначається відношенням маси тіла (m) до всього об'єму V (з порами та пустотами)

Пори це замкнуті або сполучені між собою чарунки в матеріалі, заповнені повітрям або водою. Іншими словами, маса кубика 1 см х 1 см х 1 см в стиснутому стані (без пор) це справжня густина, а в природному стані (з порами) це об'ємна маса. Об'єм для зразків правильної геометричної форми визначається звичайним вимірюванням, а неправильної форми (після покриття тонким шаром парафіну або повного насичення водою) в об'ємометрі за об'ємом витісненої інертної рідини.

Відносна густина дорівнює відношенню густини матеріалу до густини, наприклад, води, для якої ρ_v — 1000 кг/м³.

Пористість це ступінь заповнення об'єму будівельного матеріалу порами розмірами не більше 1...3 мм. Пористі матеріали, як правило, характеризуються низькою міцністю та морозостійкістю, мають велике водопоглинання (з відкритими порами) і малу теплопровідність. Водопоглинання матеріалів із закритими порами менше.

Пустотність характеризується наявністю порожнин {пустот} у будівельних виробах між кусками даного матеріалу, сприяє зниженню маси будівельних конструкцій і поліпшує теплозахисні властивості. Пористість деяких матеріалів подана в таблиці 1.

Об'ємна маса і пористість мають великий вплив на міцність, водопоглинання, теплопровідність, морозостійкість і, отже, довговічність матеріалів.

Водопоглинання це здатність матеріалу всмоктувати, утримувати вологу. Насичені матеріали водою знижують міцність, морозостійкість і підвищують середню щільність і теплопровідність.

Водостійкість це здатність матеріалу зберігати міцність при зволоженні водою.

Вологість визначається вмістом вологи в порах і на поверхні пор матеріалу в процентах.

Вологовіддача це здатність матеріалу віддавати воду при зміні температури та вологості навколишнього середовища.

Гігроскопічність – властивості матеріалу поглинати вологу із повітря.

Гідрофобність це здатність твердого тіла не змочуватись водою (відштовхувати воду), наприклад, парафін і бітум.

Морозостійкість це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове наперемінне заморожування і відтавання без зниження міцності. Марки морозостійкості Г15, Г25, Г35, Г50, ..., Г500 показують кількість циклів заморожування і відтавання. При цьому вода в порах замерзає і збільшується в об'ємі, що спричиняє руйнування матеріалу. Тому пористі матеріали мають низьку морозостійкість.

Термічна стійкість це здатність матеріалу витримувати наперемінне нагрівання й охолодження без руйнування (шамот, базальт, клінкер), а термічно

нестійкі скло, граніт тощо. Теплопровідність кристалічних речовин вища, ніж аморфних. Матеріали органічного походження мають меншу теплопровідність. Теплопровідність сосни вздовж волокон менше, ніж впоперек.

Теплоємність – це здатність матеріалу під час нагрівання поглинати теплоту (наприклад, печі).

Теплостійкість це здатність матеріалу витримувати нагрівання до певної температури.

Вогнестійкість це здатність матеріалу витримувати дію високої температури і не руйнуватись. За ступенем вогнестійкості будівельні матеріали поділяють на:

- негорючі це вогнестійкі (цегла, бетон), вогнетривкі та термічно стійкі;
- важкогорючі, які тліють (поштукатурені дерев'яні конструкції);
- горючі (дерево).

Вогнетривкість це здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур. Вони поділяються на:

- вогнетривкі, що витримують температуру 1580 °C і вище (шамот);
- тугоплавкі, що витримують температуру 1350...1580C (тугоплавка цегла);
- легкоплавкі з вогнетривкістю менше як 1350 °C (цегла керамічна).

Механічні властивості будівельних матеріалів

Під дією навантажень у будівельних конструкціях можуть з'явитись тріщини або їх руйнування. Тому необхідно знати механічні властивості будівельних матеріалів (далі матеріалів). Такими властивостями є міцність, пружність, пластичність, хрупкість і твердість.

Міцність це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень. У процесі експлуатації будівель і споруд матеріали найчастіше зазнають напружень стискання, вигину, розтягу (в) та удару.

Кам'яні матеріали добре працюють на стискання, а на розтяг і вигин в 10... 15 разів гірше. Тому їх застосовують здебільшого для стін, фундаментів, колон. Деревина, сталь і пластмаса добре працює на стискання і вигин, а тому застосовується в таких несучих конструкціях, як балки, ферми. Щоб бетон працював добре на вигин чи розтяг, то в середину бетону вставляють арматуру, яка сприймає розтяг.

Чим більша об'ємна маса, тим більша міцність матеріалів. Внаслідок зволоження міцність багатьох матеріалів знижується. Під час експлуатації в конструкціях допускаються напруження, значно нижче за границю міцності матеріалів, тобто передбачається запас міцності.

Твердість це здатність матеріалу чинити опір місцевим деформаціям, які виникають тоді, коли в нього проникають інші тверді тіла. При різній міцності твердість їх може бути однаковою. Твердість деяких матеріалів (бетону, деревини) визначають, вдавлюючи в зразки сталеву кульку в МПа. Ступінь твердості мінералів визначають за шкалою порівняльної твердості Мооса, яка складається з десяти мінералів: тальк 1; гіпс 2; кальцій 3; плавиковий шпат 4;

апатит 5; ортоклаз 6; кварц 7; топаз 8; корунд 9; алмаз 10.

Стираність це здатність матеріалу зменшуватись за масою й об'ємом при дії стираюючих зусиль. Значення стираності (г/м^2): граніт 1...5; керамічна плитка для підлоги 2,5...3; цементний розчин 6... 15.

Опір удару це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією ударних навантажень.

Пружність це здатність твердого тіла деформуватись під дією зовнішніх сил і самочинно відновлювати початкову форму після припинення дії навантаження (пружина, гума).

Пластичність це здатність матеріалу під дією зовнішніх сил змінювати свою форму без руйнування і зберігати після зняття навантаження (пластилін, глина).

Крихкість це здатність матеріалу під впливом зовнішніх навантажень руйнуватись без попередніх пластичних деформацій (скло). Крихкість і пластичність матеріалів можуть змінюватись не лише під дією температури, а й зміною вологості (глина в сухому стані крихка, а в зволоженому (глиняне тісто) пластична).

Повзучість це здатність матеріалу при тривалому навантажуванні виявляти непружні деформації, які нарастають, наприклад, у бетоні при звичайних температурах, а в металі при підвищених.

6.2 Методи випробування матеріалів, виробів і конструкцій

Значний вплив на механічні характеристики матеріалів здійснюється при виготовленні продукції і під час їх експлуатації (температура, тиск, агресивність середовища і т. ін.). Тому необхідно проводити періодичний контроль механічних властивостей з метою виявлення небезпечних ділянок конструкції або окремої деталі, а також для оцінки залишкового ресурсу їх роботоздатності. Різноманітність умов експлуатації потребує великої кількості механічних випробовувань, але при цьому можливо виділити такі основні класифікаційні ознаки:

- 1) характер навантаження (розтягування, стискання, згин, циклічне навантаження та ін.);
- 2) швидкість навантаження (статичні або динамічні);
- 3) термін процесу випробувань в часі (короткочасні, тривалі).

В результаті механічних випробувань матеріалів визначають наступні характеристики: пружність, міцність, пластичність, твердість, втомленість, тріщиностійкість, холодноламкість.

Класифікація методів випробувань бетону на міцність

Традиційні методи визначення міцності матеріалів пов'язані з виготовленням стандартних зразків, які під час випробування доводять до руйнування.

Невелику частину збірних залізобетонних конструкцій піддають випробуванню до руйнування з метою перевірки міцності, жорсткості і тріщиностійкості виробів. Для суцільного контролю якості виробів традиційні,

так звані руйнуючі, методи випробувань непридатні.

Є два основних методи контролю бетону на міцність:

- руйнівні методи випробування;
- неруйнівні методи випробування.

Прямі неруйнівні методи контролю

Механічні способи випробувань композиційних будівельних матеріалів дозволяють контролювати однорідність та процес твердіння бетону в поверхневому шарі.

Неруйнівні методи:

- методи місцевих руйнувань: відрив із сколюванням, сколювання ребра, відрив сталених дисків;
- ультразвуковий метод;
- ударні методи: метод ударного імпульсу, пружний відскок, пластична деформація.

Методи місцевих руйнувань

Метод відриву зі сколюванням.

Після затвердіння бетону в заздалегідь висвердлений отвір ставлять анкерний пристрій, після чого викидають його з частиною бетону. Цей метод багато в чому схожий з описаним раніше. Основна відмінність – спосіб кріплення інструменту до поверхні. Відриваюче зусилля створюється за рахунок пелюсткових анкерів. Обмеженнями для використання даного способу дослідження є густе армування і незначна товщина конструкції. Товщина поверхні повинна перевищувати подвоєну довжину анкера.

Метод сколювання ребра.

Міцність бетону при даному методі визначається по зусиллю (P), необхідного для сколювання частини конструкції, розміщеної на ребрі зовнішньої сторони. Прилад кріпиться на поверхні за допомогою анкерного болта з дюбелем.

Метод відриву сталених дисків

В основі даного типу дослідження лежить вимір максимального зусилля для відриву частини бетонної конструкції. При цьому відривання повинне застосовуватися до рівної поверхні шляхом приклеювання диска приладу. Площа відриву визначається після проведення кожного випробування. Після відриву і обчислення зусилля вимірюють міцність бетону на розтяг.

Ультразвуковий метод

Дія ультразвукових приладів контролю ґрунтується на взаємозв'язку між швидкістю, з якою поширюються хвилі по конструкції і її міцності. На основі даного методу визначено, що швидкість, також як і час розповсюдження хвиль відповідають міцності бетону.

Для збірних лінійних конструкцій застосовується метод наскрізного просвічування. При цьому ультразвукові перетворювачі розташовані з протилежних сторін конструкції. Плоскі, багатопустотні і ребристі плити перекриття, а також стінові панелі досліджують поверхневим просвічуванням, при якому хвильовий перетворювач (дефектоскоп) ставлять з одного боку

конструкції.

Для забезпечення максимального акустичного контакту з робочою поверхнею вибирають в'язкі контактні матеріали (наприклад, солідол). Можливий сухий варіант із застосуванням протекторів і конусних насадок. Інсталяція ультразвукових приладів проводиться на відстані не менше 3 см від краю.

Ударні методи

Метод ударного імпульсу один з видів контролю при визначенні міцності, а також твердості, пружності, однорідності бетону. Випробовуються конструкції механічно спеціальним приладом ПС-МГ4 або аналогічним вимірювачем. Прилад дозволяє оцінювати фізико-механічні властивості матеріалів (міцність, твердість, пружно-пластичні властивості), виявляти неоднорідності, зони поганого ущільнення та ін.

Метод пружного відскоку заснований на вимірюванні величини відскоку від поверхні бетону спеціального ударника. Прилади, засновані на цьому методі, називаються Склерометр. У них використовують удар з малою енергією без пластичних деформацій бетону. Величина відскоку залежить від пружних властивостей бетону, пов'язаних з його міцністю. Цей метод може мати високу точність тільки при ретельній підготовці поверхні бетону (зняття верхнього шару). У деяких приладах при збільшеній енергії удару пружний відскік вимірюється одночасно з розміром лунки, що значно підвищує точність вимірювань.

Методи пластичних деформацій засновані на застосуванні різних молотків (молоток конструкції І. А. Фізделя, лонний молоток конструкції К. П. Кашкарова, пружинний молоток ПМ та ін) або приладів маятникового типу (ДПГ-4, УМП), за допомогою яких по бетону наносяться удари певної сили, в результаті яких на поверхні бетону залишаються відбитки (лунки): сферичної форми (від удару кулькою) або довгастої (від удару диском). Міцність бетону оцінюють за середнім розміром (діаметру або довжині) лунки після багаторазових випробувань.

ТЕМА 7 ПОВЕДІНКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

7.1 Схема оцінки прогнозування та регулювання поведінки будівельних матеріалів в умовах пожежі

7.2 Особливості поведінки природних кам'яних матеріалів при нагріванні.

7.3 Силікатні матеріали, способи їх виготовлення та особливості поведінки при нагріванні

7.4 Поведінка металів і сплавів при нагріванні

7.5 Вплив високих температур на бетон та залізобетон

7.6 Поведінка деревини при підвищенні температури

7.7 Вплив високих температур на будівельні матеріали і вироби з пластмасс

7.1 Схема оцінки прогнозування та регулювання поведінки будівельних матеріалів в умовах пожежі

Номенклатура будівельних матеріалів містить сотні назв. Кожен матеріал у певній мірі відрізняється від інших за зовнішнім виглядом, хімічним складом, структурою властивостями, колом використання у будівництві і поведінкою під час пожежі. Разом з тим між матеріалами не тільки існують відмінності але й багато спільних рис.

Під поведінкою будівельних матеріалів в умовах пожежі розуміється комплекс фізико-хімічних перетворень, що призводять до змін стану і властивостей матеріалів під впливом інтенсивного високотемпературного нагріву.

В процесі експлуатації матеріала у звичайних умовах на нього впливають зовнішні фактори.

1 область використання (для облицювання підлоги, стелі, стін, всередині приміщення з нормальним середовищем, чи з агресивним середовищем, ззовні приміщення і т.п.);

2 вологість повітря (чим вона вище, тим вище вологість пористого матеріалу);

3 навантаження (чим вони вище, тим важче матеріалу протидіяти їх впливу);

4 природні впливи (сонячна радіація, температура повітря, атмосферні опади і т.п.)

Наведені зовнішні фактори впливають на довговічність матеріалу (погіршення його властивостей протягом часу нормальної експлуатації). Чим агресивніше (інтенсивніше) присутній вплив на матеріал, тим більші зміни відбуваються у його властивостей, руйнується структура.

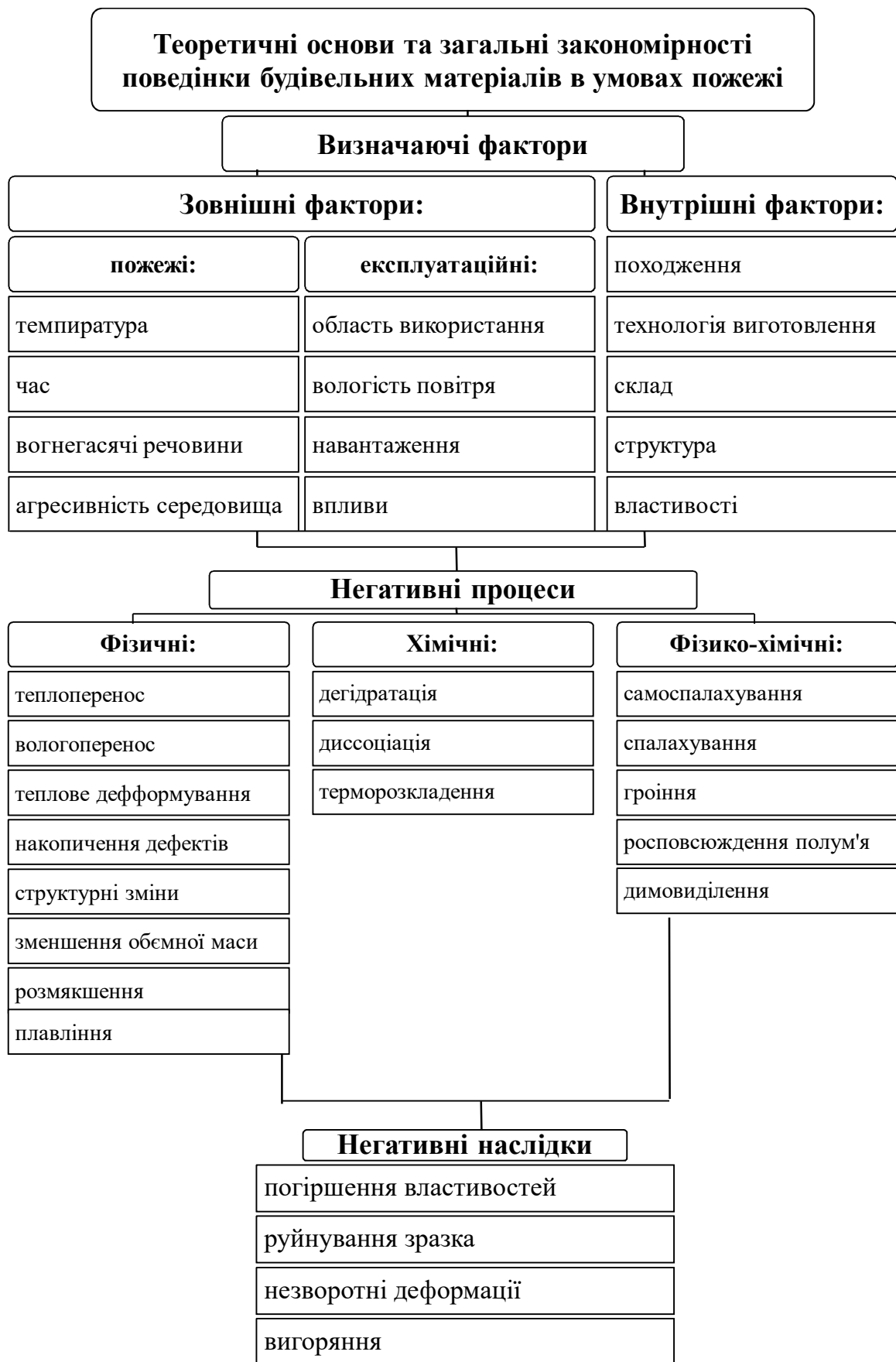


Рисунок 7.1 – Структурна схема – ключ до вивчення, оцінки, прогнозування та регулювання поведінки будівельних матеріалів в умовах пожежі та визначення меж їх безпечного використання

При пожежі, окрім перерахованих, на матеріал впливають і значно агресивніші фактори, такі як:

- висока температура оточуючого середовища;
- час (тривалість) знаходження матеріалу під впливом високої температури
- вплив вогнегасящих речовин;
- вплив агресивного середовища.

В результаті впливу на матеріал зовнішніх факторів пожежі в матеріалі можуть відбуватися ті чи інші негативні процеси (залежно від властивостей матеріалу та його стану в період експлуатації). Прогресуючий розвиток негативних процесів в матеріалі веде до негативних наслідків.

Протягом пожежі на будівельні конструкції впливають агресивні фактори, що призводять до зміни їх стану та властивостей, тому необхідно знати властивості будівельних матеріалів для розрахунку межі вогнестійкості конструкції та її поведінку в результаті пожежі.

7.2 Особливості поведінки природних кам'яних матеріалів при нагріванні

Всі ПКМ, що застосовуються в будівництві, негорючі, однак, під дією високих температур зниження їх міцності і руйнування відбувається по-різному.

Вивержені породи

Властивості вивержених порід в основному залежать від їх хімічного складу. Залежно від вмісту кремнезему їх поділяють на ***кислі, середні і основні***. Причому, оскільки магма з однаковим хімічним складом могла твердіти як на глибині, так і на поверхні, то кожній глибинній породі відповідає порода, що вилилась.

Кислі породи ($\text{SiO}_2 > 65 \%$). Складаються з кварцу, польового шпату і слюди. До них відносяться граніти, кварцові порфіри.

Граніти – породи зернисто-кристалічної будови. Вони складаються з кварцу (20 – 40 %), польових шпатів (40 – 70 %) і слюди (5 – 15 %). Колір – від сірого до темно-червоного залежить від кольору польового шпату.

Завдяки високій міцності, малій пористості і високій морозостійкості граніти застосовуються для виготовлення східців, облицювальних плит, бортових каменів, щебеню тощо.

Міцність граніту в нормальних умовах визначають польові шпати і слюда, але при значному нагріванні вона залежить від структурних перетворень у кварці.

При нагріванні до 300 °C спостерігається зростання міцності до 1,6 раз завдяки зняттю внутрішніх напружень. Надалі міцність неухильно падає. При 600 °C з'являються тріщини, зумовлені фазовим переходом від β до α -модифікації кварцу. При 800 °C граніт руйнується.

Кварцові порфіри – породи, що вилились із скритнокристалічної або скловатої будови, близькі за властивостями до гранітів. Застосовуються в

міському і дорожньому будівництві у вигляді щебеню і декоративних плит.

Середні породи ($\text{SiO}_2=50\ldots65\%$). Складаються з польового шпату, слюди, темно фарбованих мінералів. До них відносяться сієніти, діорити, трахіти, андезити.

Сієніти – глибинні породи, які складаються з польового шпату, слюди, темнофарбованих мінералів. За структурою, властивостями і областями застосування близькі до гранітів, але менш стійкі проти вивітрювання.

Діорити – глибинні породи, які складаються з польового шпату, темно фарбованих мінералів. За структурою дрібно- і середньозернисті, від сірого до темно-зеленого кольору. За міцністю і ударною в'язкістю переважають граніти. Застосовуються в дорожньому будівництві.

Трахіти – породи, що вилилися, подібні до сієнітів, але менш тривкі. Застосовуються як стіновий матеріал або заповнювач для бетону.

Андезити – породи, що вилилися, жовто-сірого кольору, за властивостями схожі на діорити. Застосовуються як кислотостійкий матеріал (плити, щебінь).

Основні породи ($\text{SiO}_2 < 50\%$). Складаються з темно фарбованих мінералів та польового шпату. До них відносяться габро, діабазы, базальти, перліт.

Габро – кристалічна, крупнозерниста глибинна порода, кольори від сіро-зеленого до чорного; стійка проти вивітрювання, добре полірується, використовується для облицювання будинків і покриття доріг.

Діабазы – породи, що вилились, аналоги габро, мають велику ударну в'язкість і малу здатність до стирання. Застосовуються у шляховому будівництві.

Базальти – породи, що вилилися, аналоги габро скритокристалічної або аморфної будови. При температурі понад 900°C сильно збільшуються в об'ємі. Застосовуються в дорожньому будівництві і для облицювальних робіт.

Перліт – складається до основному з вулканічного скла. При високих температурах спучуються завдяки вивільненню хімічно зв'язаної води.

Осадкові породи

Властивості осадових порід обумовлюються властивостями породоутворюючих мінералів і цементуючих речовин.

Піщаники – механічні відкладення, складаються з зерен кварцового піску, зцементованого природними цементами. Застосовуються для виготовлення фундаментів, бортових каменів, східців, тротуарів. При $500\text{--}600^\circ\text{C}$ руйнуються через розтріскування кварцу.

Мергель – вапняно-глиниста порода з хімічних осадів. Застосовується як сировина для виробництва портландцементу. При 1450°C глинисті речовини розпадаються на вільні окисли, вапняк дисоціює і утворює клінкерні мінерали.

Вапняки – органігенні відкладення, складаються з кальциту з домішками магнезиту, кварцу тощо. Застосовуються для виготовлення стінових каменів, облицювальних плит, щебеню для бетону, а також для виробництва вапна і

портландцементу. Мало поширюються при нагріванні. При $T > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ розкладаються на окис кальцію (повітряне вапно) і вуглекислий газ.

Повітряне вапно (CaO) – теплоізолятор, що сприяє уповільненню реакції розкладу CaCO_3 , перешкоджаючи прогріву матеріалу. При нагріванні до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігається зростання міцності в 1,4 раз, що пояснюється ущільненням структури. Подальший нагрів понад $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ в присутності води викликає повторне гасіння вапна і повну втрату міцності.

Діатоміт – легка пухка або слабо зцементована гірська порода, складена з окаменілих діатомітових водоростей. Теплоізолятор до $1\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Використовується як активний кремнеземистий додаток до цементів.

Крейда – неміцна вапняна порода білого кольору. Використовується для виготовлення вапна та портландцементу, а також для побілок та замазок.

Метаморфічні породи

Мармури – утворилися з вапняків або доломітів під дією високої температури і багатостороннього тиску. Кристалічні зерна кальциту (з домішками доломіту) зв'язані без речовини, що цементує. Міцність при стиску $120\text{--}300\text{ МПа}$ ($1200\text{--}3000\text{ кг/см}^2$). Застосовується як оздоблювальний матеріал.

Оскільки головним породоутворюючим мінералом мармуру є кальцит, то при дії високих температур його поведінка аналогічна поведінці вапняку.

Гнейси – утворилися внаслідок перекристалізації гранітів, порфірів, сиєнітів. Мають шарувату будову. Зміна їх міцності при нагріванні нагадує зміну міцності граніту. Застосовуються у вигляді облицювальних плит.

Серпентин – порода, що утворилась як продукт зміни олівіну. Це, в основному, водний силікат мангану, що вміщає до 13-17% мас. зв'язаної води, об'єм серпентину різко зменшується, що викликає порушення його структури і зниження міцності.

Всі природні кам'яні матеріали, що застосовуються в будівництві, негорючі, однак, під дією високих температур зниження їх міцності і руйнування відбувається по-різному.

7.3 Силікатні матеріали, способи їх виготовлення та особливості поведінки при нагріванні

В будівництві застосовуються наступні силікатні вироби, які випускаються промисловістю: силікатна (вапняно-піскова) цегла; вапняно-шлакова і вапняно-зольна цегла; силікатний бетон; камінь шлакобетонний і бетонний звичайний; силікатні плити для облицювання фасадів; коміркові (ніздрюваті) силікатні бетони.

Силікатними називають штучні кам'яні матеріали і вироби, що одержують внаслідок формування і наступної тепловологої обробки в автоклавах сумішей, які складаються з вапняно-кремнеземистих в'язучих, заповнювачів (кварцового піску, шлаку та ін.) і води.

Виробництво силікатних матеріалів включає наступні операції:

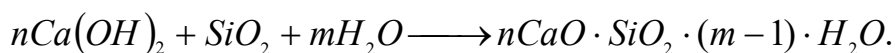
– подрібнення вапна-кипілки;

- змішування вапна з піском;
- гашення вапна в суміші з піском;
- додаткове перемішування та зволоження суміші до 7...9 %;
- формування (пресування) цегли та запарювання сирцю-цегли в автоклавах.

Формування цегли відбувається на важільних пресах під тиском 15...20 МПа. Відформована цегла-сирець складається на вагонетки і подається на запарювання в автоклав (циліндричний металевий котел діаметром 2,3...3,6 м при довжині 20...30 м, який герметично закривається з торців кришками, обладнаний манометром для виміру тиску пари в котлі, має запобіжний клапан та пристрої для автоматичного контролю процесу обробки паром).

Для високоякісної автоклавної обробки сирцю задають певний режим: поступовий підйом тиску пари протягом 1,5...2 год; ізотермічну витримку при температурі 175...190 °С протягом 4...8 год; зниження тиску пари і температури протягом 2...4 год. Весь цикл запарювання триває 10...14 год. Вивантажену із автоклаву цеглу витримують 10...15 діб на повітрі для карбонізації вапна, яке не прореагувало, вуглекислим газом. Карбонізація вапна сприяє підвищенню щільності, міцності та водостійкості силікатної цегли.

При температурі 170–200 °С і під тиском 0,8–2 МПа пісок (SiO_2) стає хімічно активним і між ним та вапном $\text{Ca}(\text{OH})_2$ відбувається хімічна взаємодія з утворенням гідросилікатів кальцію, які цементують зерна піску у міцний моноліт (камінь):



Тривалість обробки (запарювання) складає 10–14 годин. Шляхом автоклавної обробки з вапняно-пісчаних сумішей отримують дві основні групи матеріалів:

- щільні з $\rho_c = 1\,800\text{--}2\,000\text{ кг/м}^3$ та $R_{ct} = 10\text{--}40\text{ МПа}$;
- ніздрюваті (пористі) з $\rho_c = 300\text{--}1200\text{ кг/м}^3$ та $R_{ct} = 2,5\text{--}20\text{ МПа}$.

Багато років найбільш розповсюдженим видом силікатних виробів була силікатна цегла. Силікатну цеглу одержують шляхом пресування сумішей, які містять: 8–10 % вапна, 90–92 % кварцового піску та біля 7 % (від сухої суміші) води з наступним запарюванням у автоклавах. Вапно у суміші з піском гасять у спеціальних силосах або гасильних барабанах.

Пресування цегли проходить під тиском 1,5–2,0 МПа, після чого спресована цегла на вагонетках подається в автоклав, де температура досягає 175–190 °С, а тиск насиченої пари – 0,8–1,6 МПа. Зростання міцності силікатної цегли продовжується і після вивантаження з автоклаву на відкрите повітря, коли вона підсихає протягом 10–15 діб.

Силікатна цегла повинна мати розміри 250×120×65 мм, модульна – 250×120×88 мм, а силікатне пустотіле каміння – 250×120×138 мм.

В залежності від межі міцності при стиску силікатні камені і цегла (для цегли нормується також межа міцності при згині) поділяють на марки 300, 250, 200, 150, 125, 100 і 75. Водопоглинання силікатної цегли і каменів повинно

бути не менше 6 %. За морозостійкістю силікатна цегла і камінь поділяються на марки МрЗ 50, МрЗ 35, МрЗ 25 і МрЗ 15.

Силікатну цеглу і каміння використовують для кладки кам'яних зовнішніх та внутрішніх конструкцій в надземній частині будівель. Не припустимо використовувати силікатну цеглу в спорудах з "мокрим" режимом праці (бані, пральні та ін.), а також використовувати для кладки печей і труб, тому що вона не витримує довготривалу дію температури вище 500 °С (рис. 1.2).

При нагріванні силікатної цегли до температури 100 °С міцність її знижується, потім починає зростати і при температурі 300 °С в 1,6 разів вища від первинної. Подальше підвищення температури дає досить різке зниження міцності. Довготривала дія температур вище 500 °С викликає втрату міцності в зв'язку з дегідратацією Ca(OH)_2 і модифікаційним перетворення кварцу (перехід β -кварцу в α -кварц при $t = 600$ °С), що супроводжується стрибкоподібним збільшенням об'єму. При температурі 700 °С міцність силікатної цегли знижується у двічі, що приводить до утворення тріщин, а при температурі 900 °С міцність зменшується у 5 разів. Охолодження водою, що має місце при гасінні пожеж, викликає ще більше зниження міцності за рахунок вторинного гасіння CaO .

Широке застосування у будівництві для виготовлення крупногабаритних блоків знаходить силікатобетон.

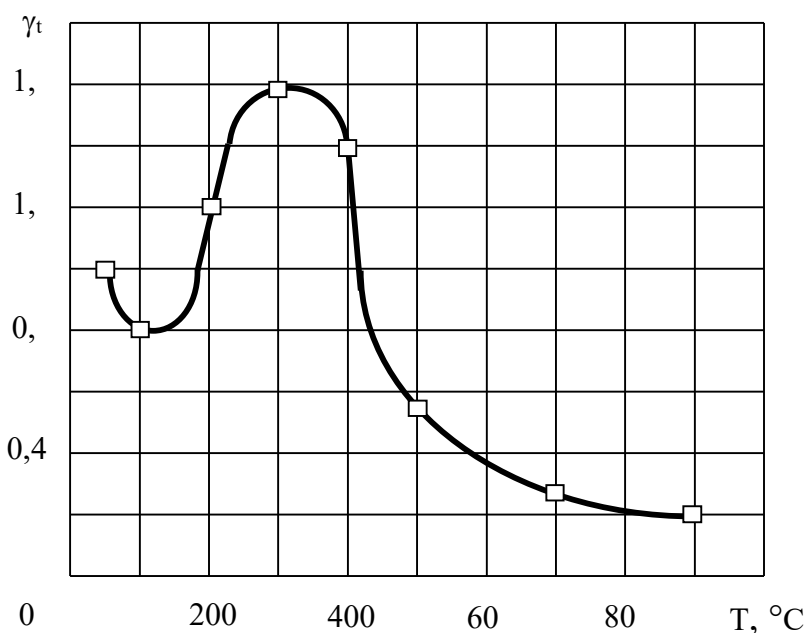


Рисунок 7.2 – Зміна відносної міцності силікатної цегли при дії високих температур

Вапняно-шлакова та вапняно-золиста цегла

Ці стінові кам'яні матеріали відрізняються від силікатних трохи меншою середньою щільністю і теплопровідністю. Вапняно-шлакова цегла виготовляється аналогічно силікатній із гранульованого цементного шлаку 88-

98 %, вапна 3-12 % і води.

За межею міцності ця цегла ділиться на три марки: 25,50,75. Середня щільність цих матеріалів 1 400...1 600 кг/м³, а теплопровідність 0,6...0,8 Вт/(м·°С).

Використання шлаку і золи знижує собівартість виробництва силікатних будівельних матеріалів. Ці матеріали застосовують в основному для кладки стін будівель висотою не більше 3-х поверхів або для кладки верхніх поверхів малоповерхових цивільних і промислових будівель.

Силікатні бетони – штучні кам'яні матеріали автоклавного твердіння, які одержують на основі вапняково-кремнеземистого в'язучого і мінеральних заповнювачів.

Вапняково-кремнеземисте в'язуче – продукт сумісного тонкого помолу і гомогенізації однорідної суміші вапна і кремнеземистого компоненту. В залежності від виду кремнеземистого компоненту розрізняють такі види в'язучих речовин: вапняково-кремнеземисті; вапняково-шлакові; вапняково-зольні і вапняково-аглоперитові. Співвідношення вапна і кремнеземистого компоненту в них складає від 30:70 до 50:50.

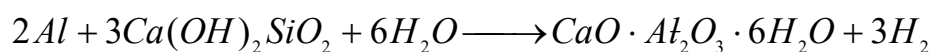
Найбільше розповсюдження мають дрібнозернисті силікатні бетони, в яких заповнювачем є звичайний кварцовий пісок.

З щільного силікатного бетону виготовляють плити, панелі, балки перекриття, елементи збірних сходів і ін.

Крім щільних силікатних бетонів, використовуються **ніздрюваті бетони**, які виготовляють шляхом введення у вапняково-кремнеземисте в'язуче газоутворюючих додатків (газобетон) або піни (пінобетон).

Як газоутворювач використовують водну суспензію алюмінієвої пудри, як піноутворювачі – клейоканіфольні, смолосапонінові і інші речовини. Вироби з ніздрюватих бетонів формують **наливним** або **вібраційним** методом. Відформовані вироби через 6–8 годин направляють у автоклави для твердіння.

В газосилікатних бетонах коміркова (ніздрювата) структура утворюється внаслідок реакції між гідратом оксиду кальцію та алюмінію



Водень, який виділяється, вспучує приготовану суміш тіста, яка в затверділому виді зберігає пористу структуру.

Коміркові (ніздрюваті) силікатні вироби виготовляють армованими і без арматури. В армованих силікатних бетонах стальну арматуру, а також закладні деталі покривають антикорозійними речовинами.

В залежності від призначення ніздрюваті бетони розподіляють на конструкційні – з $\rho_c = 900\text{--}1\,200$ кг/м³ і $R_{ct} = 7,5\text{--}15$ МПа, теплоізоляційно-конструкційні – з $\rho_c = 500\text{--}900$ кг/м³ і $R_{ct} = 2,5\text{--}7,5$ МПа і теплоізоляційні з $\rho_c \leq 500$ кг/м³ і $R_{ct} \leq 2,5$ МПа. Ніздрюваті бетони використовують для панелей, зовнішніх стін огорожувальних конструкцій споруд, панелей внутрішніх несучих стін, перегородок.

Основою для оцінки вогнестійкості конструкцій, виготовлених з силікатобетонів, може бути розглянута вище зміна міцності силікатної цегли при дії високих температур (рис. 7.2), тому що їх фізико-хімічна природа однакова. Вогневі випробування силікатобетонів з вологістю бетону більше 2 % показують можливість їх вибухоподібного руйнування.

7.4 Поведінка металів і сплавів при нагріванні

На поверхні металів при їхній взаємодії з киснем повітря утворюються оксиди, що перешкоджають прямому контакту реагентів.

У летучих металів (K, Na, Li, Mg...) поверхні окисли пористі і мають температуру плавлення вище температури кипіння металів. Тому, при контакті з джерелом запалення метал розплавляється, його пари дифундують крізь пористу оксидну плівку назовні і по досягненні достатньої концентрації можуть запалюватися.

Горіння розігріває метал до температури кипіння, плівка оксиду розривається і горіння посилюється. Оксиди також розігріваються до температури кипіння, їхні пари дифундують в повітря, там конденсуються і перетворюються в білий дим ознака горіння летучих металів.

У нелетучих металів (Al, Ni, Ti...), як правило, температура плавлення оксиду менш температури кипіння металу. Тому, оксиди, знаходячись на поверхні металу в рідкому стані уповільнюють його окислення (горіння). Такі метали енергійно горять у вигляді порошку, стружки і без утворення диму.

Властивості виробів з чорних металів залежать від марки сплаву та умов термообробки, бо за цими параметрами згідно з діаграмою залізо-вуглець формується структура матеріалу. Завдяки багатству алотропічних перетворень у залізі та його сплавах, за допомогою різних режимів термообробки вдається встановити необхідні механічні та фізичні властивості конкретної деталі.

Вплив високих температур на будівельні сталеві деталі зумовлений дією двох факторів: термічного розширення та зміни у структурі. При температурі більше 780-900 °C (в залежності від марки сталі) ліквідуються всі позитивні наслідки термічної обробки, і властивості деталей перестають відповідати умовам їх навантаження. А зміна розмірів деталей при нагріванні викликає їх деформацію за рахунок виникнення внутрішніх напружень.

Таким чином, ще задовго до плавлення металу в конструкції може відбуватись його прогрівання до критичної температури, за якої границя міцності (тимчасовий опір розтягненню) і умовна границя текучості знижується до величини робочих напружень, що виникають від експлуатаційних навантажень та власної ваги конструкції. Цьому моменту відповідає стан, коли виникають надмірні деформації, вичерпується несуча здатність конструкції і настає її руйнування.

Порівняння поведінки різних сталей при нагріванні зручно проводити за їх відносною міцністю (γ_t), тобто за співвідношенням межі міцності сталей за досягнутої температури (R_t) до межі їх міцності при 20 °C (R_{20})

При нагріванні міцність нелегованих сталей починає неухильно зменшуватись до критичної позначки. Міцність легованих сталей спочатку

зростає за рахунок зняття внутрішніх напружень і тільки потім починає зменшуватись.

Для нелегованих сталей граничною температурною областю використання фактично є 300-350 °С, оскільки при цій температурі починаються рекристалізаційні явища і сукупно із зменшенням міцності виникають деформації повзучості.

Коефіцієнт вичерпування несучої здатності для сталевих конструкцій з гарячекатаних сталей умовно дорівнює 1,6. Цьому значенню відповідають такі критичні температури (°С):

Ст.3 470; Ст.5 470; 25Г2С – 550-570; 35 ГС – 550; 23Х2Г2Т – 490.

Алюмінієві сплави менш стійкі до нагрівання, ніж сталі. Їх відносна міцність при підвищенні температури майже зразу ж починає зменшуватись. Критичною для алюмінієвих сплавів умовно приймається така температура, при якій один з основних механічних параметрів матеріалу (границя міцності або текучості) знижується в 2 рази. Критичні температури для різних марок сплавів приблизно мають такі значення (°С):

АЛ-8 – 300; АМг-6 250; Мац-М – 235.

Задовго до плавлення металу в конструкції може відбуватись його прогрівання до критичної температури, за якої границя міцності (тимчасовий опір розтягненню) і умовна границя текучості знижується до величини робочих напружень, що виникають від експлуатаційних навантажень та власної ваги конструкції. Цьому моменту відповідає стан, коли виникають надмірні деформації, вичерпується несуча здатність конструкції і настає її руйнування.

7.5 Вплив високих температур на бетон та залізобетон

Вогнестійкість залізобетонних конструкцій визначається умовами їх навантаження і поведінням у цих умовах бетону і стали. Властивості бетону і залізобетону при нагріванні визначаються як поведінкою кожного зі складових (цементного каменю, крупного і дрібного заповнювачів, сталевих арматур), так і їх взаємодією (розходженням деформацій, зчепленням бетону з арматурою, ступенем напруги залізобетону тощо).

Сталева арматура

Характеризується критичною температурою, що залежить від інтенсивності зниження, міцності і розвитку деформацій повзучості сталі при нагріванні.

Інтенсивність прогріву важких і легких бетонів приблизно однакова, тому і їх вогнестійкість приблизно однакова.

У комірковому бетоні інтенсивність прогріву знижена, тому підвищується його вогнестійкість. Проте, у коміркових бетонах великі деформації усадки, що зумовлюють появу тріщин при $T > 400$ °С.

Звичайні, легкі і коміркові бетони при нагріванні понад 300 °С утрачають міцність і пружно-пластичні властивості, що пов'язано з дегідратацією і порушенням структури, тобто вони не жаростійки.

Жаростійкі бетони зберігають фізико-механічні властивості при $T > 250$ °С тривалий час, що обумовлено їх складом.

Цементний камінь:

- при 200-300 °С – міцність підвищується через зняття внутрішніх напруг;

- при 300-500 °С – міцність падає через дегідратацію і фізико-механічні зміни в портландцементі;

- при 500-600 °С – міцність падає через дисоціацію $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і повторного гасіння вапна.

Заповнювачі

Природні заповнювачі з вмістом кварцу (піщаник, граніт, кварцит) при $T > 500$ °С виявляють деформації різних знаків із цементним каменем, розтріскуються через поліморфні перетворення, а міцність при цьому падає;

Безкварцеві (вапняк, базальт...) заповнювачі зберігають міцність до $T \sim 900$ °С;

Штучні заповнювачі здатні витримувати температуру вище 1 200 °С.

7.6 Поведінка деревини при підвищенні температури

Особливості горіння деревини

Характер будівлі деревини визначає її низьку теплопровідність і, одночасно, швидку займистість.

При впливі джерела запалювання відбувається швидке нагрівання тонкого шару, випаровування вологи і розклад деревини. Продукти, розкладу, що одержуються нижче температури 250 °С містять, в основному, водяну пару, вуглекислий газ і малу кількість пальних газів (вони не загоряються).

При $T=250-260$ °С починає виділятися велика кількість окису вуглецю і метану, і виникає можливість запалення і самостійного горіння.

Мінімальна температура, при якій продукти розкладення здатні запалюватися від джерела запалення температура запалення деревини.

Після запалення верхній шар деревини нагрівається до $T=290-300$ °С, забезпечуючи максимальний вихід газоподібних продуктів і висоту полум'я.

Верхній шар продовжує нагріватися до $T=500-700$ °С, і в результаті процесів розкладення перетворюється в деревне вугілля. Це деревне вугілля екранує поверхню від виходу пальних газів, але само не займається від недолику кисню (який повністю витрачається в зоні полум'я). Приріст шару деревного вугілля відбувається по мірі прогрівання до 300 °С нижчележачих шарів деревини, а його запалення і горіння настає, коли факел зменшується, і до поверхні починає надходити кисень.

Полум'я залишається тільки у тріщин вугілля, де полегшений вихід пальних газів продуктів розкладення деревини. Рівновага між швидкістю розкладення деревини, її прогріванням і вигорянням вугілля звичайно

відповідає товщині шару вугілля 2 – 2,5 см

Коли вся деревина перетвориться до деревного вугілля, спільне горіння продуктів розкладення і вугілля припиняється, і далі горить тільки вугілля (фаза тління).

Фази нагрівання деревини.

I фаза (поглинання тепла, переважання CO та CO₂):

- 110 °C – висихання і виділення летючих запашних речовин;
- 110–150 °C – пожовтіння деревини та підсилення виділення летючих речовин;
- 150–250 °C – поява коричневого забарвлення – початок обуглювання та димоутворення.

II фаза (горіння, виділення тепла, витрата CH₄):

а) горіння газів

- 250–280 °C – займання горючих газів від джерела запалення;
- 260–300 °C – горіння великим факелом;

б) горіння вуглецю

- 300–500 °C – інтенсивне утворення деревного вугілля. Екранування ним поверхні. Горіння малим факелом;
- 350–450 °C – самозаймання (при довгому прогріванні температура самозаймання знижується).

Розглянута горючість деревини як один з її недоліків, поведінка деревини в умовах пожежі, особливості термоокислювальної деструкції, запалення, горіння, тління деревини і виробів на її основі.

7.7 Вплив високих температур на будівельні матеріали і вироби з пластмас

У порівнянні з іншими будівельними матеріалами пластмаси відносно коштовні. Тому їх використовують в максимально готових до застосування оздоблювальних матеріалах для стін (шпалери, декоративні плівки, лицювальні пластики, погонажні вироби...), підлог (лінолеум, плитки...); в теплоізоляційних і гідроізоляційних матеріалах (спучені пластмаси, плівки, мастики); в санітарно-технічних виробах, клеях, лаках, фарбах, додатках до будівельних розчинів і бетонів.

Властивості пластмас.

Стійкість: велика до дії води, кислот, лугів, солей; мала до дії тепла до 100...200 °C (хоча фторопласти і кремнійорганічні пластмаси витримують до 300...500 °C).

Теплопровідність низька: 0.23-0.7 Вт/(м град).

Коефіцієнт теплового розширення великий.

Старіння. Зміни в структурі і складі полімеру під дією експлуатаційних чинників (сонячне світло, нагрівання, кисень...), викликаючи погіршення властивостей (деградацію) пластмаси. Відбувається втрата еластичності, розтріскування, розкладання, "випотівання" пластифікатора, що викликає додаткове підвищення токсичності.

Горючість: більшість пластмас горючі.

Пожежонебезпечні властивості характеризуються займистістю, інтенсивністю горіння, температурою запалення, теплотою згорання, димоутворенням і токсичністю при горінні.

Особливо пожежонебезпечні властивості має полістирол, який при горінні плавиться і розтріскується із сильним виділенням диму і токсичних продуктів.

Пластмаси – матеріали на основі синтетичних високомолекулярних речовин – полімерів, які мають в гарячому стані високу пластичність і твердіють, коли охолонуть.

Переваги:

- Міцність при малій об'ємній масі.
- Корозійна стійкість.
- Гарна електро- і теплоізоляційна спроможність.
- Технологічність і дешевизна.

Недоліки:

- Горючість (для більшості).
- Невисока теплостійкість (до 100-150 °С).
- Повзучість навіть при кімнатній температурі.
- Старіння при дії тепла, сонячних промінів в поєднанні з киснем.

Пластмаси, в основному, застосовуються як:

- оздоблювальні матеріали (лінолеум, декоративні плівки, паперово-шаруватий пластик);
- теплоізоляційні матеріали (піно-, поро-, сотопласти);
- гідроізоляційні матеріали і герметики (плівки, прокладки, мастики);
- погонажні вироби (поручні, плінтуси);
- труби;
- санітарно-технічні вироби;
- легкі огорожувальні конструкції;
- полімерні клеї і бетони.

Основні компоненти пластмас

Пластмаса = полімер[и]+[наповнювачі + пластифікатори +стабілізатори + барвники]

Полімери. Речовини, які складаються з молекул, регулярно з'єднаних в ланцюг, розгалужену структуру або просторову решітку.

Мономери молекули, з яких утворені полімери.

Класифікація полімерів:

I За походженням:

- природні (крохмаль, целюлоза, білки);
- синтетичні одержувані полімеризацією і поліконденсацією.

II За способом отримання:

– полімеризація процес утворення полімера послідовним приєднанням мономерів з ненасиченими зв'язками в результаті їхньої активації каталізатором або ініціатором.

– поліконденсація процес послідовної взаємодії поліфункціональних (які мають дві або більш функціональних груп) низькомолекулярних речовин, при якому окрім полімера утворюються низькомолекулярні побічні продукти (H_2O , CO_2 та ін.).

III. За поведінкою при нагріванні:

– *термопластичні* здатні багаторазово розм'якати при нагріванні і твердіти при охолодженні. Звичайно вони добре розчиняються в органічних розчинювачах. Ці властивості зумовлені лінійною слабогіллястою будовою молекул полімера. Приклад: поліетилен, полістирол, полівінілхлорид.

– *термореактивні* такі, що незворотно твердіють при охолодженні в результаті утворення просторових структур. Вони не розчиняються в органічних розчинювачах і не розм'якшуються при повторному нагріванні. Приклад: фенолформальдегідні, епоксидні, поліефірні полімери.

Основні види полімерів

А. Полімерізаційні полімери

Поліетилен, $[-CH_2-CH_2-]_n$ – одержують з газу етилену $CH_2=CH_2$, що утворюється при високотемпературній перегонці нафти. Являє собою роговидну прозору або слабопрозору речовину щільністю $0.94-0.97 \text{ г/см}^3$. Розм'якшується при $80-90^\circ\text{C}$, плавиться при $100...120^\circ\text{C}$, зберігає еластичність при $-70...+80^\circ\text{C}$. Стійкий до дії кислот, лугу, розчинників. З нього виробляють плівки, труби для холодного водопостачання і агресивних рідин, сантехнічні вироби, трубки для електропроводки.

Поліпропилен $[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$ – схожий на поліетилен, але більш тривкий. Температура розм'якшення $160-170^\circ\text{C}$. Виробляють: оздоблювальні листи, плівки, труби, деталі хімічної апаратури.

Полівінілхлорид (ПВХ) $[-CH_2-CHCl-]_n$ – прозорий, жорсткий матеріал. $T_{\text{разм'яг}} = 60...100^\circ\text{C}$, $T_{\text{плав}} = 180...200^\circ\text{C}$. Застосовується для виготовлення лицювання, електроізоляції, труб, лінолеуму, штучної шкіри.

Поліізобутілен $[-CH_2-C(CH_3)_2-]_n$ – нагадує каучук. Морозостійкий, має гарну адгезію до силікатних матеріалів. Застосовується для виготовлення плівок, герметизуючих прокладок, мастик для герметизації стиків крупнопанельних будинків.

Полістирол $[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$ – прозорий, крихкий, тривкий, легко забарвлюється і переробляється у вироби. Застосовується для виготовлення теплоізолюючих пінопластів, лицювальних плиток, гідроізоляційних плівок.

Полівінілацетат $[CH_2-CHCOOCH_3-]_n$ – полімер з гарними клеючими властивостями. Він використовується для отримання клеїв, водоемульсійних фарб, шпаклівок і мастик, а також як додаток до бетонів і розчинів.

Поліметилметакрилат ("органічне скло") – пропускає видиме і ультрафіолетове випромінювання. Поставляється у вигляді листів та блоків. Застосовується для виготовлення прозорих огорожень, труб. Має невисоку температуру запалення, велику теплоту згоряння і димоутворюючу спроможність, вибухонебезпечність у пилевидному стані.

Спільна полімеризація декількох мономерів дозволяє одержувати

сополімери речовини, які поєднують властивості вхідних мономерів. Наприклад, ударотривкий полістирол одержують при сополімеризації стиrolу і синтетичних каучуків.

Б. Поліконденсаційні полімери

Фенолформальдегіди – продукти, отримані з фенола і формальдегіду у вигляді в'язкої рідини або легкоплавкої смоли, здатні незворотно твердіти при нагріванні. Їх застосовують для виготовлення шаруватих пластиків (текстоліт), мінераловатних і електротехнічних виробів, водостійких лаків і клеїв для дерев'яних конструкцій.

Карбомідні полімери – одержують з сечовини (карбаміду) і формальдегіду. Вони застосовуються для виготовлення ДСП, клеєних дерев'яних конструкцій, шаруватих пластиків, лаків, клеїв і особливо легкої газонаповненої пластмаси (міпори).

Епоксидні полімери високоміцні, хімічно стійкі з гарною адгезією речовини. Застосовуються для виготовлення, склеювання і ремонту залізобетонних конструкцій, отримання полімербетонів та ін....

Кремнійорганічні полімери речовини, що містять в основних і/або побічних цепях кремній. Вони мають підвищену термостійкість (до 500 °С) і хімічної стійкість, гарне сполучення з силікатними матеріалами. Застосовується в якості гідрофобізуючих додатків до бетонів і розчинів, для отримання атмосферостійких фасадних фарб.

Наповнювачі. Речовини і матеріали, які додають в пластмасу для надання їй додаткових властивостей і/або зниження вартості. Наповнювачі (що займають до 90% об'єму) знижують усадку, деформативність, горючість, підвищують термостійкість, міцність, атмосферостійкість, електропровідність, теплоізоляційні властивості.

Класифікація наповнювачів:

- 1 Порошкові (деревне борошно, крейда, тальк, сажа...);
- 2 Волокнуваті (скловолокно, азбест, оргволокно...);
- 3 Листові (папір, тканина, деревний шпон...);
- 4 Повітряні пори (до 90% об'єму газонаповнених пластмас).

Пластифікатори. Речовини, що надають пластмасі більшу пластичність при нормальній температурі. Звичайно використовують нелетучі органічні рідини, які добре сполучаються з полімером, наприклад, гліцерин. Кількість пластифікатора може складати до 30-50% маси полімеру. З полівінілхлориду без пластифікатора виготовляють тривкі жорсткі труби, а при його доданні м'який еластичний лінолеум.

Стабілізатори. Стабілізатори – сприяють збереженню властивостей пластмас в часі (уповільнюють старіння).

Затверджувачі. Затверджувачі – скорочують час потвердження пластмаси, прискорюючи технологічний цикл.

7.7.2 Конструкційно-оздоблювальні стінові матеріали

Ці матеріали випускають у виді плит, листів, рулонних плівкових матеріалів, плиток, плінтусів, поручнів, накладок.

Склопластики листовий матеріал, який одержують просочуванням скловолокна або склоткані термореактивними олігомерами (поліефірними, фенолформальдегідними, епоксидними полімерами) з наступним їх потвердженням. Міцність при вигині 200-500 МПа.

Об'ємна маса 1500-1700 кг/м³.

Розрізняють 3 групи склопластиків у залежності від виду і розташування скловолокон:

- листовий склопластик плоский і хвилястий на основі рубленого скловолокна;
- склотекстоліт на основі склотканини;
- склопластик СВАМ (скловолокнистий анізотропний матеріал) наповнювач орієнтоване скловолокно з ниток, склеєних епоксидно-фенольним полімером.

Склопластики використовують для декоративного зовнішнього лицювання стін, улаштування покрівель, композиційних панелей, для виготовлення санітарно-технічних виробів (ванн, раковин, труб). СВАМ із-за дорожнечі застосовують рідко, тільки для сильно навантажених деталей, які експлуатуються в агресивних середовищах.

Більшість склопластиків горючі матеріали, що виділяють велику кількість тепла, з високою димоутворюючою спроможністю і токсичністю продуктів згоряння. Існує 2 шляхи зниження горючості склопластиків:

- а) хімічна модифікація полімерів;
- б) введення антипіренів.

Деревні пластики деревно-шаруваті, паперово-шаруваті пластики, деревноволокнисті (ДВП) і деревностружкові (ДСП) плити листові матеріали, одержувані гарячим пресуванням шпона, паперу, стружки, які просочувалися термореактивними полімерними сполучниками. Їхня міцність при вигині складає від 20 до 100 МПа. Вони використовуються для каркасних перегородок, лицювання стін, стель.

Деревні пластики витримують нагрівання до 120 °С, легко запалюються, виділяють велику кількість тепла і сприяють розповсюдженню полум'я (ДСП і ДВП через 9-12 хв. після виникнення пожежі в приміщенні здатні миттєво запалюватися). Для зниження горючості деревних пластиків використовують просочування антипіренами і покриття виробів вогнезахисними складами, що спучуються.

Полістирольні плитки виготовляють з полістиролу за допомогою лиття під тиском. Вони водо- і паронепроникні, хімічно стійкі, але легкозаймисті: плавляться і горять з сильним димоутворенням і виділенням токсичних продуктів.

ТЕМА 8 ПОВЕДІНКА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

- 8.1 Вогнестійкість будівельних конструкцій. Терміни і визначення
- 8.2 Нормування вогнестійкості будівельних конструкцій
- 8.3 Загальні положення розрахунку конструкцій на вогнестійкість

8.1 Вогнестійкість будівельних конструкцій. Терміни і визначення

У звітах про пожежі, як правило, не наводяться дані про тривалість впливу високих температур на конструкції. У них зазначаються лише орієнтовні значення максимальних температур за непрямыми ознаками (по опалених ме-талевому чи іншому неспаленому предметах). Однак вони дають уявлення про реальні пожежі.

При пожежах температура середовища зростає до:

$t_{\max} = (1\ 000 \dots 1\ 100)^\circ\text{C}$ у житлових і адміністративних будівлях при тривалості пожежі 1–2 години;

$t_{\max} = 1\ 100 \dots 1\ 200^\circ\text{C}$ у театрах і великих магазинах – через 2–3 години;

$t_{\max} = 1\ 200^\circ\text{C}$ у промислових і складських будівлях;

$t_{\max} = 1\ 600^\circ\text{C}$ при горінні зріджених газів.

Максимальна температура на пожежах також змінюється в тих випадках, коли у приміщеннях знаходиться матеріал з більш високою теплою горіння, ніж дерево. (Так, наприклад: температура горіння дерева – 700°C ; паперу – 500°C ; бавовни – 400°C ; текстоліту – 900°C ; фенопластів – 350°C ; каучуку – 1200°C). Встановлено, що тривалість пожежі може коливатися в широких межах, але в більшості випадків вона обмежена декількома годинами.

Межа вогнестійкості – інтервал часу (у хвиликах) від початку вогневого стандартного випробування зразків до виникнення одного з граничних станів елементів і конструкцій.

Граничний стан конструкції з вогнестійкості – стан конструкції, за якого вона втрачає здатність зберігати несучі та (або) захисні функції в умовах пожежі.

Розрізняють три граничних стани конструкцій з вогнестійкості:

1-й граничний стан – за ознакою втрати несучої здатності (позначається літерою R);

2-й граничний стан – за ознакою втрати цілісності (позначається літерою E);

3-й граничний стан – за ознакою втрати теплоізолюючої здатності (позначається літерою I).

Граничний стан конструкції за ознакою втрати несучої здатності – стан конструкції, за якого вона втрачає здатність зберігати несучі функції у результаті руйнування або завалення конструкції, або виникнення в конструкції деформацій, що перевищують допустимі, встановлені стандартом. Граничний стан за ознакою втрати несучої здатності є актуальним для несучих конструкцій.

Для конструкцій, випробовуваних без навантаження, як критерій утрати

несучої здатності допускається приймати час досягнення критичної температури матеріалів конструкції.

Граничний стан конструкції за ознакою втрати цілісності – стан конструкції, за якого вона втрачає здатність зберігати захисні функції внаслідок появи на поверхні конструкції, протилежній вогневному впливу, тріщин або отворів, розміри яких перевищують допустимі значення, встановлені стандартом, або внаслідок проникнення крізь ці тріщини або отвори продуктів згоряння або полум'я. Граничний стан за ознакою втрати цілісності є актуальним для огорожувальних конструкцій.

Ознаками, за якими констатується втрата цілісності, є:

- загоряння або тління зі свіченням ватного тампона, піднесеного до поверхні зразка, протилежній вогневному впливу, в місця тріщин на відстань від 20 до 30 мм, протягом проміжку часу від 10 до 30 с;
- виникнення тріщини, через яку можна вільно (без додаткових зусиль) ввести в піч щуп діаметром 6 мм і перемістити його вздовж цієї тріщини на відстань не менше 150 мм;
- виникнення тріщини (або отвору), через яку можна вільно ввести в піч щуп діаметром 25 мм;
- спостереження полум'я на поверхні зразка, протилежній вогневному впливу, протягом проміжку часу, не меншого, ніж 10 с.

Граничний стан конструкції за ознакою втрати теплоізолюючої здатності – стан конструкції, за якого вона втрачає здатність зберігати захисні функції у результаті перевищення на поверхні конструкції, протилежній вогневному впливу, допустимих значень температури, встановлених стандартом. Граничний стан за ознакою втрати теплоізолюючої здатності є актуальним для огорожувальних конструкцій.

Ознакою втрати теплоізолюючої здатності є перевищення середньої температури на поверхні зразка, протилежній вогневному впливу, над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140 °С або перевищення температури в довільній точці поверхні зразка, протилежній вогневному впливу, над початковою температурою в цій точці на 180 °С.

Значення межі вогнестійкості будівельної конструкції визначається шляхом випробувань за стандартним температурним режимом методами, вказаними в ДСТУ Б В.1.1-4-98, або за розрахунковими методами відповідно до стандартів і методик, затверджених або узгоджених з центральним органом державного пожежного нагляду.

Розрахункові методи розроблено і використовуються для визначення межі вогнестійкості конструкції за I та III граничними станами. Визначення межі вогнестійкості за II граничним станом проводять тільки експериментально за результатами випробувань.

Межа поширення вогню (М) є показником здатності будівельних конструкцій поширювати вогонь у горизонтальному та вертикальному напрямках. За межу поширення вогню приймається розмір ушкодженої зони зразка ($L_{\text{ушк}}$) в сантиметрах у площині конструкції від границі контрольної зони (перпендикулярно до неї) до найбільш віддаленої точки пошкодження зразка в

контрольній зоні (для вертикальних конструкцій – нагору, для горизонтальних – у кожную сторону). Ушкодженнями вважаються обвуглювання, оплавлення і вигорання матеріалів, з яких виготовлено зразок, на глибину більш як 0,2 см.

За межею поширення вогню будівельні конструкції поділяють на три групи:

M0 ($L_{\text{ушк}} = 0$ см; – вогонь не поширюється);

M1 ($L_{\text{ушк}} \geq 25$ см – для горизонтальних конструкцій;

$L_{\text{ушк}} \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій);

M2 ($L_{\text{ушк}} > 25$ см – для горизонтальних конструкцій;

$L_{\text{ушк}} < 40$ см – для вертикальних конструкцій).

8.2 Нормування вогнестійкості будівельних конструкцій

У "ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва" будівлі і споруди за вогнестійкістю бувають п'яти ступенів.

Ступінь вогнестійкості – нормована характеристика вогнестійкості будівель і споруд, що визначається межами вогнестійкості їх основних конструкцій. Чим вище межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій, тим вище ступінь вогнестійкості будівлі.

Будівлі найвищого – I ступеня вогнестійкості – будують з найбільш вогнестійких конструкцій, для будівель V ступеня вогнестійкості межі вогнестійкості не нормуються.

Після визначення необхідного ступеня вогнестійкості будівлі за табл. 4 ДБН В.1.1-7-2002 приймаються мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій. Їх встановлюють у хвиликах відповідно до числового ряду, прийнятого державами, що входять до Європейської співдружності (15, 30, 45, 60, 75, 120, 150). Крім того, введено міжнародні позначення ознак граничних станів за вогнестійкістю (R, E, I).

Наприклад, для будівлі I ступеня вогнестійкості встановлено мінімальну межу вогнестійкості несучих стін 150 хв. (REI 150, M0), тобто 2,5 год. Це означає, що межа вогнестійкості цих конструкцій має дорівнювати 150 хвиликам, незалежно від того, який з трьох граничних станів (R, E чи I) наступить першим. Таким же чином, для будівлі I ступеня вогнестійкості межа вогнестійкості колон повинна бути 150 хв. (R 150, M0), тобто 2,5 год; несучих конструкцій перекриттів – 60 хв. (REI 60, M0) – 1 год; для будівель II і III ступенів вогнестійкості мінімальна межа вогнестійкості колон – 120 хв. (R 120, M0) – 2 год, перекриття – 45 хв. (REI 45, M0) – 0,75 год; для будівель IV ступеня вогнестійкості 30 хв. (R 30, M1) – 0,5 год. для колони і 15 хв. (REI 15, M1) – 0,25 год. для перекриття; для будівлі V ступеня межа вогнестійкості не нормується.

Ступінь вогнестійкості будівлі також встановлюється залежно від її призначення, категорії за вибухопожежною небезпекою, висотою (поверховістю), площею поверху в межах протипожежного відсіку.

8.3 Загальні положення розрахунку конструкцій на вогнестійкість

Розрахунок межі вогнестійкості складається з двох частин: *теплотехнічної* і *статичної*.

У *статичній частині* (задачі) в залежності від співвідношення несучої здатності конструкції та робочого навантаження визначається *критична температура*, тобто температура за якої відбувається втрата несучої здатності.

Статична задача не є самостійною. Вона може використовуватись тільки у сукупності із теплотехнічною задачею. Шляхом розв'язання статичної і теплотехнічної задач визначається межа вогнестійкості за першим граничним станом.

Теплотехнічна частина (задача) має за мету визначення параметрів температурного поля, яке виникає у перерізі елемента при прогріванні.

При розрахунках межі вогнестійкості у *теплотехнічній частині* визначається розподіл температури за часом по перерізу конструкції в процесі її нагрівання за стандартним температурним режимом.

За допомогою теплотехнічної задачі можна визначити інтервал часу, протягом якого уся конструкція або її частина прогріється до *критичної температури*. Критичною, у даному випадку, вважають заздалегідь задану (або розраховану у статичній задачі) нормативну температуру, за якої подальше нормальне функціонування елемента є неможливим.

Також за результатами розрахунку можна визначити час, за який втрачається теплоізолююча здатність конструкції. Тобто теплотехнічна задача може бути самостійно використана для визначення межі вогнестійкості за третім граничним станом.

Розрахунок межі вогнестійкості конструкцій виконується з урахуванням наступних основних допущень:

- межа вогнестійкості розраховується для окремо взятої конструкції без урахування її взаємодії з іншими конструкціями;
- умовно вважається, що конструкція рівномірно прогрівається по всій довжині і висоті;
- втрати температури по кутах конструкції не враховуються;
- температурні напруження, що виникають в конструкції при нагріванні, не враховуються.

Результати теплотехнічного розрахунку необхідні також для визначення втрати несучої здатності у статичній частині.

Можливість розрахункової оцінки часу настання граничних станів за вогнестійкістю можна представити у вигляді основних схем. В основному при розрахунках застосовують ***три схеми прогріву***.

Схема 1. Прогрівання плоскої конструкції тепловим потоком, спрямованим з однієї сторони.

Така схема застосовується для визначення межі вогнестійкості плоских огорожувальних конструкцій (плити, стінові панелі тощо) за третім граничним станом.

Схема 2. Прогрівання стрижневих елементів з декількох боків одночасно

без зменшення площі робочого перерізу. Така схема використовується для визначення межі вогнестійкості металевих незахищених конструкцій або залізобетонних згинальних елементів. Завдяки цій схемі можна визначити час, протягом якого конструкція прогріється до *критичної температури*. В даному випадку під "критичною" розуміється така температура, при досягненні якої конструкція втрачає несучу здатність (настає граничний стан за несучою здатністю).

Схема 3. Конструкція одночасно прогривається із декількох боків, причому площа робочого перерізу конструкції поступово зменшується. Така схема використовується під час розрахунку межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій, а також стиснутих залізобетонних і кам'яних конструкцій. При використанні схеми 3 визначається час, протягом якого переріз конструкцій зменшиться до критичних розмірів. Іншими словами, визначається час прогріву конструкцій до так званого критичного перерізу. Для дерев'яних конструкцій *критичним перерізом* вважається такий розмір перерізу, за якого несуча здатність виявляється меншою, ніж зовнішні навантаження. Для залізобетонних конструкцій критичним вважається такий переріз, за якого робоча арматура опиняється у зоні прогріву.

ТЕМА 9 ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ДІЇ ПОЖЕЖІ

- 9.1 Навантаження на будівлі під час дії пожежі
- 9.2 Теплове навантаження на конструкції будівель
- 9.3 Зниження експлуатаційних якостей конструкцій при пожежі
- 9.4 Граничний стан конструкцій за вогнестійкістю

9.1 Навантаження на будівлі під час дії пожежі

В процесі будівництва будівель і їх експлуатації внаслідок різних причин можуть виникати пожежі або аварії, які супроводжуються горінням, яке не контролюється. Для пожеж характерний короткочасний (1-6 годин) вплив полум'я на будівельні конструкції. Потужність вогневого впливу на конструкції обумовлює тривалість пожежі та зростання температур його внутрішнього середовища.

Обстеження будівель після пожеж показує, що залізобетонні конструкції мають різний ступінь пошкодження від вогневого впливу. В зв'язку з цим розрізняють зони руйнування (обвалення) і аварійну, ділянки сильних, середніх і слабких пошкоджень конструкцій будівлі.

Температура пожежі. В промислових і складських будівлях, у процесі виробництва яких обертаються пальні і легкозаймисті речовини і матеріали (рідини, деякі пінопласти і т.п.), будівельні конструкції надаються в осередку пожежі після закінчення 1-2 хвилин після початку загоряння. При цьому нагрів конструкцій, що виявилися в осередку горіння, відбувається унаслідок випромінювання тепла полум'я, найбільша температура якого досягає 1 000–1 200 °С. При горінні зріджених газів і деяких хімічних речовин температура в осередку пожежі знаходиться в межах 1 200–1 600 °С. Отже, у поверхні залізобетонних конструкцій, розташованих над осередком горіння, температура внутрішнього середовища пожежі знаходиться в залежності від температури полум'я пальної речовини (1 000–1 600 °С). Температура на поверхні конструкцій, що примикають до осередку горіння, знижується до 800–1 000 °С, при видаленні від осередку горіння до 500 °С і нижче.

Величина температури на поверхні будівельних елементів і частин будинків залежить від температури внутрішнього середовища пожежі, а також від їхнього розташування і відстані від місця горіння (осередку пожежі).

Температуру внутрішнього середовища пожежі в різноманітних точках по довжині (або висоті) помешкання визначають по номограмі в залежності від середньооб'ємної температури і відношення відстані (або висоти) від осередку горіння до фіксованого. Така номограма показана на рисунку 1 у книзі Ільїна Н.А. «Наслідки вогневого впливу на залізобетонні конструкції». За цими номограмами можна з достатньою точністю визначити середньооб'ємну температуру і температуру в заданій точці в залежності від щільності теплового потоку γ_0 , коефіцієнта надлишку повітря α_μ і тривалості горіння τ .

Внутрішнє заповнення будівель різноманітних призначень містить пальне

завантаження, кг/м, відповідно:

- металообробні і механічні цехи – 15-20 кг/м;
- житлові й адміністративні будівлі – 30-40 кг/м;
- тваринницькі приміщення – 50-60 кг/м;
- хімічні заводи органічних речовин – 60-70 кг/м;
- торгові помешкання, склади і т.п. – 60-100 кг/м;
- бібліотеки, архіви і т.п. – 20-130 кг/м;
- склади столярних виробів – 180 – 250 кг/м;

Для розв'язання практичних задач по визначенню вогнестійкості конструкцій промислових будівель можна прийняти необхідну інтенсивність подачі води, нормативну тривалість гасіння $\tau_i = 20$ хв, час вільного горіння $\Delta\tau_0 = 15$ хв. При наявності стаціонарних установок гасіння пожежі водою або піною $\Delta\tau_0 = 10$ хв.

9.2 Теплове навантаження на конструкції будівель

При горінні речовин, матеріалів і конструкцій на пожежі виділяється величезна кількість тепла.

Так, густина теплового потоку при горінні:

- деревини складає 157 000, ккал/(м². ч).
- полістіролу 284 000, ккал/(м². ч).
- нафти 640 000 ккал/(м². ч).

Тепло, що виділяється при пожежі, частково акумулюють будівельні конструкції і частково відносять продукти горіння. Теплове навантаження, сприймане залізобетонними конструкціями, складає 0,5–0,7 теплоти пожежі. При критичному значенні теплового навантаження елемент конструкції руйнується.

У умовах пожежі поверхні залізобетонних конструкцій нагріваються до високих температур (порядку 1 000–1 200 °С). При короткочасному вогневому впливі і після такого (унаслідок теплової інерції) відбувається нерівномірний прогрів перетинів залізобетонних елементів. Перепад температур між поверхнями, що обігрівается і не обігрівается (або центром перетинів елементів, що обігрівается з двох, трьох або чотирьох сторін), знаходиться в межах 800–1 000 С.

9.3 Зниження експлуатаційних якостей конструкцій при пожежі

Від впливу високих температур при прогріві перетинів залізобетонних елементів виникають температурні напруги, змінюються фізико-механічні властивості бетону й арматурної сталі, зменшується працездатний перетин елемента внаслідок прогріву поверхневих прошарків бетону до критичних температур. Після охолодження бетон, прогрітий до критичної температури, не відновлює міцносні і деформативні властивості.

Несуча спроможність залізобетонних конструкцій після вогневого впливу знижується внаслідок зміни міцносних властивостей бетону й арматурних сталей, порушення спільної роботи матеріалів, що складають конструктивний

елемент, а також внаслідок появи температурних напружень у перетинах конструкцій у результаті нерівномірного прогріву.

9.4 Граничний стан конструкцій за вогнестійкістю

Як показує практика дослідження пожеж, будівельні елементи конструкцій жодного будинку не можуть задовольняти нескінченно довго трьом умовам пожежостійкості одночасно, тобто:

- зберігати достатню несучу спроможність в умовах вогневого впливу не обвалюючись;
- бути придатним до повторної нормальної експлуатації в будинку після ремонту конструкцій, ушкоджених вогнем;
- мати задовільну вогнезатримуючу спроможність при мінімальній витраті вогнезахисних матеріалів.

Розбирання (демонтаж) залізобетонних конструкцій (особливо масивних колон) є роботою дуже трудомісткою. Внаслідок цього виправлення значно ушкоджених (на перший погляд навіть безнадійних) залізобетонних конструкцій будівель і споруд під час пожежі дає вигоду у матеріалах і в часу при їхньому відновленні.

Задача дослідження пожежі й обстеження конструкцій. Технічне обстеження конструкцій будівлі, ушкодженої вогнем проводять для виявлення обсягів відновлених робіт і оцінки можливості подальшої їхньої експлуатації. Оцінку стану частин будинку визначають після вивчення пожежі, огляди й іспиту ушкоджених конструкцій.

Під час оцінки вогнестійкості конструкції необхідно рішення таких задач:

- дослідження температурного режиму натурної пожежі і прогріву перетину залізобетонних конструкцій;
- визначення часу опору залізобетонних елементів конструкцій вогневному впливу;
- виявлення причин руйнування конструкцій;
- виявлення стану фактичної (залишкової) несучої спроможності залізобетонних конструкцій, ушкоджених вогнем;
- визначення зон і ділянок ушкодження вогневим впливом конструкцій будинків;
- уточнення відповідності фактичної межі вогнестійкості необхідному у відповідності з будівельними правилами й умовами пожежної безпеки в залежності від розміру вогневого навантаження в будівлі.

Обстеження й іспит залізобетонних конструкцій будівель, ушкоджених вогнем, роблять із метою:

- вивчення особливостей роботи окремих конструкцій і будівель в цілому при вогневому впливі і після нього, визначення меж ділянок ушкодження будівлі;
- вивчення особливостей роботи залізобетонних конструкцій у небезпечній зоні під іспитовим і контрольним навантаженням, якщо вплив вогневого впливу на несучу спроможність конструкції не можна оцінити

достатньо точно тільки оглядом конструкцій і їхнього перерахунку;

- виявлення причин завалення конструкцій аварійної і небезпечної зони і причин, що викликають ускладнення для подальшої експлуатації конструкцій;
- з'ясування недоліків і переваг різноманітних типів будівельних конструкцій, їхніх елементів і окремих вузлів, вивчення впливу вузлів і сполучень на роботу конструкцій будівель при пожежі і після нього;

- визначення придатності демонтованих після пожежі залізобетонних конструкцій у нових умовах експлуатації на менше навантаження;

- установа відступів від проєктів і технічних умов у конструкціях ушкодженого вогнем будинку;

- розробки рекомендації по відновленню експлуатаційних характеристик залізобетонних конструкцій небезпечної зони (ремонті або раціональному засобові зміцнення конструкцій).

Оцінка сили вогневого впливу. Дослідження пожежі будівельні експерти роблять для вивчення пожежно-технічної характеристики будівлі, процеси розвитку вогневого впливу, причин і умов поширення вогню, особливості поведінки будівельних конструкцій при пожежі і після нього, наслідків впливу високих температур на частині будинку і його конструктивні елементи, визначення обсягу ушкоджень і встановлення збитку по конструкціях будинку.

Розрахункову тривалість пожежі визначають по формулі Пчелинцева в залежності від вогневого навантаження в будівлі. При цьому вважають, що величину, вогневого навантаження в основному впливає на тривалість і інтенсивність вогневого впливу.

Температура внутрішнього середовища пожежі порядку 1 000–1 200 °С характеризують зону сильної інтенсивності, 700–1 000 °С середньої, 500–700 °С слабкої інтенсивності вогневого впливу.

Дані про максимальні температури, що виникають у різноманітних зонах будинку під час пожежі, одержують розрахунком або візуально. Про розмір температур судять по виду і стану елементів конструкцій, фарбування поверхні бетону, зміні матеріалів у залежності від температур пожежі.

Колір бетону змінюється в залежності від виду заповнювачів, розміру температури і тривалості вогневого впливу. Під впливом температури до 300 °С бетон звичайно приймає рожевий відтінок, що при температурі 400–600 °С переходить у червоний. Після нагрівання до 900–1 000 °С бетон має блідо-сірий відтінок.

Слабкі ушкодження конструкцій, що потребують ремонту після вогневого впливу, характеризуються:

- поверхневими тріщинами із шириною розкриття до 0,5 мм у розтягнутих зонах елементів, що вигинаються;

- незначними деформаціями елементів без ушкодження стиснутих зон і стрижнів робочої арматури. При цьому прогини балок не перевищують 1/100 прольоту, відхилення осей колони від вертикалі менше 1/150 їх висоти. Сюди відносять і інші ушкодження які не знижують істотно міцності конструкцій і не заважають подальшій нормальній експлуатації будівель;

– незначний прогрів перетинів елементів під впливом високих температур. У цьому випадку осколювання бетону відбуваються при простукуванні захисного шару (у масивних конструкціях скіл може відбутися безпосередньо після вогневого впливу, глибина сколу не більш 20 мм).

Відновлення бетону на поверхню ушкодженого елемента. Ослаблення й відпадання зовнішнього шару бетону найбільше часто відбувається після навіть пожежі невеличким температурним режимом. Руйнування такого роду бетону на глибину 20 40 мм охоплює іноді всю поверхню конструкцій, що знаходилися в осередку пожежі. Дане ушкодження бетону значно знижує несучу спроможність залізобетонних елементів. Просте обштукатурення ушкодженої поверхні не може бути застосовано, тому що для нормальної роботи елемента необхідні надійне зчеплення і спільна робота арматури з бетоном.

ТЕМА 10 ОБСТЕЖЕННЯ Й ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ

10.1 Види обстежень

10.2 Методика обстеження конструкцій і споруд

10.3 Оцінка технічного стану окремих конструкцій та будівель

10.4 Загальні принципи підсилення конструкцій

10.1 Види обстежень

При виконанні робіт з обстеження слід керуватися вимогами нормативних документів у галузі будівництва, що діють на території України. Обстеження будівель виконують для визначення у встановлений термін їх стану та придатності (або непридатності) до подальшої експлуатації.

Усі будівлі (споруди) незалежно від їх призначення, форми власності, віку, капітальності, технічних особливостей підлягають періодичним обстеженням з метою оцінки їх технічного стану та паспортизації, а також прийняття обґрунтованих заходів до забезпечення надійності та безпеки при подальшій експлуатації.

При обстеженні залізобетонних, кам'яних, металевих, дерев'яних конструкцій і основ до них висувають вимоги відповідності першій групі граничних станів (по несучій здатності) і другій групі (по придатності до нормальної експлуатації) згідно діючим нормативним документам на проектування.

Обстеження – процес отримання якісних та кількісних показників експлуатаційної придатності будівлі (споруди), його частин та конструкцій шляхом візуального огляду, інструментальних вимірів у натурі та лабораторних визначень.

Обстеження попереднє – вид обстеження за якого як основний метод визначення показників експлуатаційної придатності використовують аналіз експертами технічної документації та зовнішній огляд будівлі (споруди) і його частин. При візуальному обстеженні визначають головним чином якісні показники експлуатаційної придатності.

Обстеження детальне – вид обстеження, за якого як основний метод визначення показників експлуатаційної придатності використовують інструментальні тести конструкцій і матеріалів будівель (споруд).

Обстеження спеціальні – вид обстежень, за яких як основні методи визначення показників експлуатаційної придатності використовують спеціальні вишукування, дослідження, натурні або модульні випробування та ін.

Обстеження суцільне – вид обстеження, за якого обстеженню підлягають усі конструктивні елементи будівлі (споруди).

Обстеження вибіркові – вид обстеження, за якого обстеженню підлягають тільки окремі, найбільш зношені конструктивні елементи будівлі (споруди)

Обстеження планове – обстеження, яке виконується в строки, що заздалегідь визначені регламентом експлуатації будівлі (споруди).

Обстеження позачергове – обстеження, яке виконується як наслідок виникнення будь-яких різних порушень експлуатаційного регламенту.

10.2 Методика обстеження конструкцій і споруд

Існують загальні принципи проведення обстежень, які застосовують до будь-якого будинку або споруди. Відповідно до цих принципів обстеження виконують за схемою, зображеної на рисунку.

Обстеження та паспортизація будівель повинні виконуватися регулярно (планове обстеження) з періодичністю, яка встановлюється у відомчих правилах (інструкціях) з експлуатації будівель.

Термін першого (після введення в експлуатацію) обстеження та паспортизації будівель (споруд) повинен призначатися проектною організацією (автором проекту). Термін наступних обстежень та паспортизації призначається спеціалізованою організацією, яка виконувала перше обстеження з метою паспортизації.

Основою для проведення обстеження об'єкта, як правило, є технічне завдання, в якому визначається: мета і завдання на обстеження; склад та форма подання результатів; необхідність оформлення (оновлення) паспорта об'єкта; перелік та обсяг робіт з обстеження; нормативні документи, вимоги яких мають бути виконані; форма участі замовника (власника) в роботах з обстеження; умови доступу виконавців обстеження до об'єкта (прилеглої території). У технічному завданні зазначається наявна технічна документація на об'єкт, яка може бути надана виконавцям обстеження.

Залежно від задач, що ставляться у технічному завданні, при виконанні обстежень об'єктів виділяють такі етапи:

- підготовка до проведення обстеження;
- попереднє обстеження;
- основне (детальне) обстеження;
- складання звіту;
- додаткове обстеження (за потреби);
- спеціальні обстеження (за потреби).

Підготовка до проведення обстеження включає:

- ознайомлення з об'єктом, прилеглою територією та забудовою;
- попередній аналіз завдання і вихідних даних, у тому числі наявної технічної документації;
- за необхідності, пошук і отримання відсутніх матеріалів, необхідних для виконання обстеження;
- складання технічного завдання на обстеження.

Попереднє обстеження включає такі види робіт:

- ознайомлення з наявною технічною документацією для визначення відповідності конструктивних, архітектурно-планувальних рішень і експлуатаційних характеристик діючим нормам та змінам природного або техногенного середовища, що відбулися за період експлуатації;
- збирання та аналіз інформації від осіб, що брали участь у будівництві та експлуатації об'єкта;

- попередній огляд об'єкта, прилеглої території та забудови з урахуванням зібраної інформації, попереднім оцінюванням технічного стану конструкцій, основ, інженерних систем та виявленням серед них таких, що перебувають у найбільш небезпечному стані;

- виявлення особливостей технології виробництва (експлуатації) з точки зору впливу на стан будівельних конструкцій.

Результатом попереднього обстеження може бути попередній висновок про стан об'єкта, за необхідності – попередні рекомендації з його експлуатації та програма основного обстеження.

До основного (детального) обстеження, залежно від поставлених задач, може бути включено:

- аналіз архітектурно-планувальних і конструктивних рішень, їх відповідності діючим нормам та умовам використання об'єкту;

- проведення візуального обстеження з фіксацією, обмірами, ескізуванням і визначенням причин наявних дефектів та пошкоджень конструкцій, основ і фундаментів;

- дослідження інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов майданчика;

- обміри конструкцій, об'єкта в цілому та елементів прилеглої території;

- інструментальні дослідження та випробування будівельних конструкцій (польові та лабораторні вимірювання міцності матеріалів, геометричних параметрів, фізико-механічних характеристик, випробування конструкцій контрольним навантаженням тощо);

- обстеження засобів захисту конструкцій від корозії, природних та техногенних впливів;

- огляди інженерних систем, що мають вплив на будівельні конструкції, вивчення та аналіз такого впливу на технічний стан конструкцій та об'єкта в цілому;

- вибіркове розкриття закритих елементів та вузлів для оцінки їх технічного стану і вимірювання необхідних технічних та експлуатаційних характеристик;

- уточнення фактичних діючих навантажень, їхніх схем, перевірочні розрахунки конструктивних систем об'єкта, його конструкцій та основ з урахуванням фактичних геометричних параметрів, діючих навантажень, розрахункових схем і перерізів, фізико-механічних характеристик, наявних дефектів і пошкоджень;

- визначення поточної динаміки розвитку тріщин і деформацій в конструкціях і вузлах через встановлення маяків та проведення інших заходів; узагальнення та аналіз отриманих даних;

- прогнозування динаміки зміни параметрів, що впливають на технічний стан об'єкта.

Додаткове обстеження об'єкта проводять, якщо в процесі основного обстеження виявлено необхідність у дослідженнях, не передбачених договором та технічним завданням.

Спеціальні обстеження призначають у тих випадках, коли даних основних і додаткових обстежень недостатньо для прийняття обґрунтованого рішення щодо технічного стану та безпечної експлуатації об'єкта. Спеціальні обстеження потребують більш тривалих і точних спостережень, проведення вишукувань, досліджень, випробування конструкцій і споруд в натурних умовах. У разі проведення спеціальних обстежень додатково:

- уточнюють дані інженерно-геологічних, гідрогеологічних, інженерно-геодезичних та інших вишукувань;
- здійснюють випробовування конструкцій пробними (контрольними) навантаженнями та впливами;
- виконують тривалі спостереження та вимірювання (моніторинг) деформацій, осідань, кренів, температуровологісного режиму тощо.

Підсумки роботи з обстеження та аналізу його результатів слід оформляти у вигляді звіту спеціалізованої організації, що виконувала обстеження.

У загальному випадку звіт повинен містити:

- дані про технічну документацію, її повноту та якість, опис конструктивних рішень, висновки про невдалі, застарілі та хибні рішення;
- стислий опис технології будівництва з позначенням відхилень від проєкту, що мали місце, а також дефектів, які виникли на стадії будівництва;
- відомості, які характеризують проєктний та фактичний режим експлуатації конструкцій будівель (споруд), що містять дані про фактичні навантаження та впливи, а також про характер внутрішньовиробничого середовища;
- результати огляду будівель (споруд) із зазначенням стану окремих конструкцій і частин;
- відомості та схеми дефектів і пошкоджень конструкцій;
- результати геодезичних та інших вимірів конструкцій, неруйнівних методів контролю, інших натурних досліджень та випробувань;
- результати фізико-механічних випробувань зразків матеріалів, хімічних аналізів матеріалів та середовища;
- результати аналізів дефектів, пошкоджень, а також причин їх виникнення;
- перевірні розрахунки конструктивних елементів та систем;
- висновки про стан конструкцій та їх придатність до подальшої експлуатації або ремонту;
- відомості, які потрібні для заповнення Паспорта технічного стану будівлі (споруди);
- стислі технічні рішення щодо методів ремонту або заміни дефектних конструкцій, рекомендації з поліпшення експлуатації будівельних конструкцій та основ.

10.3 Оцінка технічного стану окремих конструкцій та будівель

Технічний стан будівлі (споруди) – сукупність якісних і кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність будівлі та його

частин у порівнянні з їх гранично допустимим значенням.

Технічний стан характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів (показників експлуатаційної придатності), встановлених на даний об'єкт. Рівень придатності технічного стану окремих конструкцій та об'єкта в цілому для надійного й безпечного використання за призначенням визначають через ступінь їх відповідності нормативним вимогам з експлуатаційної придатності. Співвідношення фактичних експлуатаційних характеристик, отриманих за результатами обстеження, з 10 проектними та нормативними вимогами, з урахуванням граничних станів конструкцій та/або основ, характеризують ступінь придатності конструкцій, який оцінюється показником «категорія технічного стану».

Шляхом спільного аналізу дефектів та пошкоджень, а також результатів перевірних розрахунків визначається **технічний стан окремих конструкцій**. За несучою здатністю та експлуатаційними властивостями конструкції рекомендується відносити до одного з таких станів:

стан конструкцій I – нормальний. Фактичні зусилля в елементах та перерізах не перевищують допустимих за розрахунком. Відсутні дефекти та пошкодження, які перешкоджають нормальній експлуатації або знижують несучу здатність або довговічність;

стан конструкцій II – задовільний. За несучою здатністю та умовами експлуатації відповідають стану I. Мають місце дефекти та пошкодження, які можуть знизити довговічність конструкції. Потрібні заходи щодо захисту конструкції;

стан конструкцій III – не придатний для експлуатації. Конструкція перевантажена або мають місце дефекти та пошкодження, які свідчать про зниження її несучої здатності. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу пошкоджень можливо забезпечити її цілісність на час підсилення;

стан конструкцій IV – аварійний. Те саме, що і за станом конструкції III. Але на основі перевірних розрахунків та аналізу дефектів і пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкцій на період підсилення, особливо якщо можливий «крихкий» характер руйнування. Необхідно вивести людей із зони можливого обвалення, виконати негайне розвантаження, вжити інших заходів безпеки.

Будівлі (споруди) у цілому рекомендується зараховувати до одного із таких станів у залежності від стану несучих та огорожувальних конструкцій:

стан будівлі (споруди) I – нормальний. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій II (задовільний), III (не придатний до нормальної експлуатації) та IV (аварійний);

стан будівлі (споруди) II – задовільний. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій III (не придатний до нормальної експлуатації) та IV (аварійний);

стан будівлі (споруди) III – не придатний до нормальної експлуатації. У будівлі (споруді) відсутні несучі та огорожувальні конструкції, які

відповідають стану конструкцій IV (аварійний);

стан будівлі (споруди) IV – аварійний. У будівлі (споруді) є несучі та огорожувальні конструкції, які відповідають стану конструкцій IV (аварійний).

При виявленні будівель (споруд) або їх конструктивних елементів у не придатному до нормальної експлуатації або аварійному стані (III та IV стани будівель (споруд) або їх окремих конструкцій) спеціалізована організація, що виконує обстеження, зобов'язана зробити відповідні записи в Паспорті із зазначенням термінів усунення дефектів та пошкоджень, а власник будівлі (споруди) повинен усунути їх у зазначені терміни.

10.4 Загальні принципи підсилення конструкцій

Відновлення – забезпечення покращення експлуатаційних якостей конструкцій, будівель та інженерних споруд в цілому від стану їх обмеженої експлуатації до проєктних значень. Відновлення проводиться у відповідності до експертних рекомендацій, що були надані після обстеження та діагностування технічного стану об'єкта.

Підсилення це комплекс заходів, що забезпечують нормальні умови експлуатації будинків і конструкцій і полягають у збільшенні несучої здатності елементів у порівнянні з наявною на момент проведення обстеження.

Класифікацію способів підсилення конструкцій можна представити в узагальненому вигляді (рис 9.1).

Реконструкція будівель – проведення будівельних робіт в цілях зміни існуючих техніко-економічних показників об'єкту і підвищення ефективності його використання, що передбачають: реорганізацію об'єкта, зміну геометричних розмірів і технічних показників, капітальне будівництво, прибудови, надбудови, розбирання та посилення конструкцій, переобладнання горіщного приміщення під мансарду, будівництво та реконструкцію інженерних систем і комунікацій тощо.

Підсилення потрібно проводити й у випадках, коли:

- при реконструкції будинків і споруд відбувається збільшення навантаження за рахунок підвищення поверховості, заміни перекриттів на більш важкі, установки нового обладнання;
- при зміні в процесі реконструкції розрахункових і конструктивних схем як окремих несучих елементів, так і будинків у цілому.

Підсилення може бути тимчасовим, розрахованим на період монтажу і демонтажу конструкцій чи устаткування, в аварійних ситуаціях до ухвалення рішення з постійного підсилення, і постійним, здійснюваним для забезпечення несучої здатності і довговічності конструкцій.

В залежності від залишкової несучої здатності послабленої конструкції технічне рішення по її підсиленню пропонує один з двох можливих варіантів:

- застосування системи підсилення в якості основної конструкції;
- використання існуючої конструкції в якості основної, при відповідному її підсиленні.

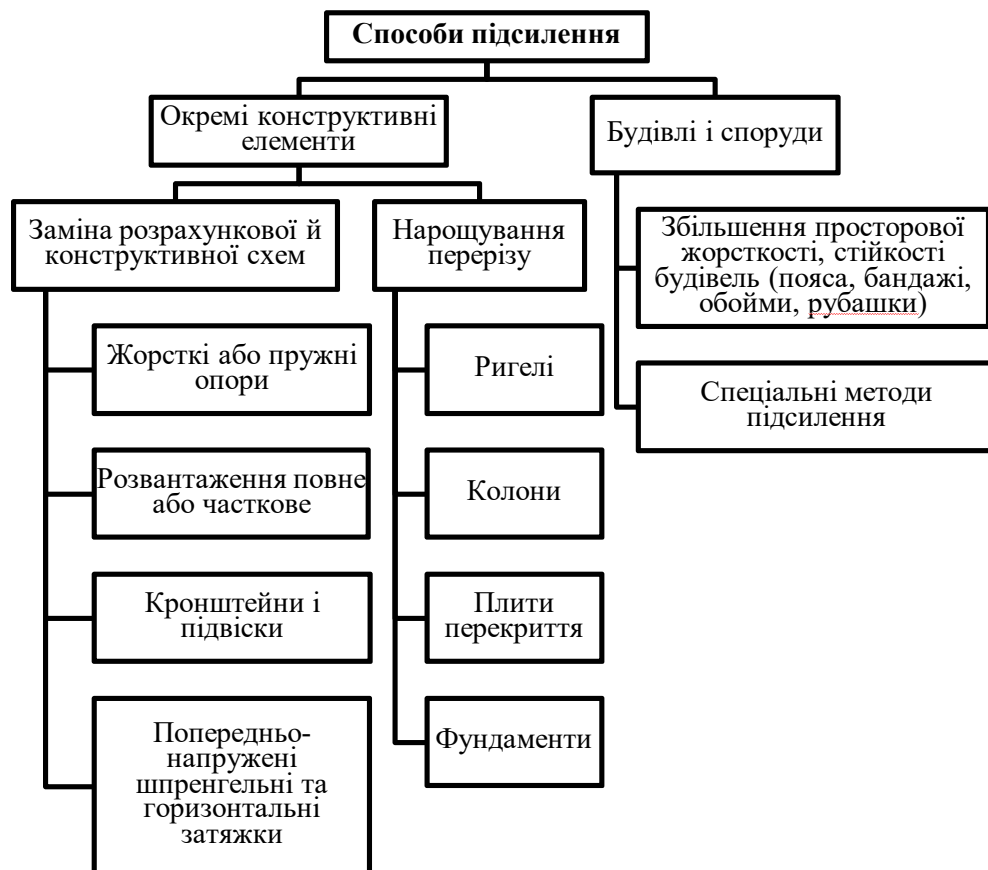


Рисунок 9.1 – Способи підсилення конструкцій

У першому варіанті, підсилення має велику трудомісткість та вартість виконання робіт і не завжди його можна виконати з огляду на архітектурно-планувальне, конструктивне рішення будівлі чи з технологічної точки зору (влаштування шпренгельних систем, підведення нових конструкцій під існуючі тощо).

У другому варіанті, підсилення конструкцій базується на збільшенні їх несучої здатності зі зміною, або без зміни розрахункової схеми. При зміні розрахункової схеми існуючий елемент і конструкція підсилення утворюють принципово нову конструктивну систему – влаштовують підкоси, розпірки, додаткові стійки, портали, зтяжки, діафрагми, додаткові в'язі тощо.

У випадку незмінності розрахункової схеми підсилення конструктивного елемента не призводить до якісних змін напружено-деформованого стану в ньому – влаштовують залізобетонні або металеві обойми, розчинні та залізобетонні сорочки, нарощують перерізи елементів та підсилюють їх з'єднання тощо.

У випадку руйнування конструкцій по двом і більше зонам (перерізам), а також при неможливості досягнення необхідного ступеня підвищення несучої здатності шляхом підсилення тільки однієї зони (перерізу), застосовують комбіноване підсилення таких конструкцій різними методами. Якщо підсилення будівельних конструкцій з метою підвищення їх несучої здатності, жорсткості і тріщиностійкості виконується під навантаженням, то для них ефективним є використання (влаштування) попереднього напруження.

ТЕМА 11 ВПЛИВ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

- 11.1 Загальні поняття про землетруси
- 11.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах
- 11.3 Міцність будівельних матеріалів при сейсмічних навантаженнях
- 11.4 Системи сейсмозахисту будівель і споруд
- 11.5 Методи розрахунку будівель на сейсмічні впливи

11.1 Загальні поняття про землетруси

Швидкі, раптові струси земної кори, викликані різного роду природними причинами, називаються *землетрусами*. Основна причина землетрусів – розрядка внутрішніх напруг Землі. Виявляються землетруси, головним чином, в зонах активних рухів земної кори. Ці зони називаються *сейсмічними* (грець. seismos – коливання).

Область усередині Землі, де раптово виділяється потенційна енергія, називається *сейсмічним осередком*. Центр області називають *гіпоцентром H*, а його проекцію на поверхню Землі – *епіцентром E*. Відстань між гіпоцентром і епіцентром – *глибина сейсмічного осередку*. За глибиною сейсмічного осередку землетруси поділяють на:

- поверхневі – відстань від епіцентру до гіпоцентру до 10 км;
- нормальні – 10...75 км;
- проміжні – 75...300 км;
- глибокофокусні – 300...700 км.

Пружні коливання, що розповсюджуються в Землі від осередків землетрусів, вибухів і інших джерел називають *сейсмічними хвилями*. Швидкість розповсюдження хвиль залежить від щільності і пружності середовища. Швидкість має тенденцію до зростання у міру поглиблення, в земній корі вона складає 2-8 км/с, а при поглибленні до мантії 13 км/с. Розрізняють *об'ємні* та *поверхневі сейсмічні хвилі*; у свою чергу об'ємні хвилі розрізняються на *подовжні* і *поперечні* (рис. 11.1).

Поверхневі сейсмічні хвилі – ті, що розповсюджуються тільки уздовж поверхні Землі. Розрізняють два типи поверхневих хвиль: *хвилі Лява* і *Релея*.

Об'ємні хвилі проходять через надра Землі.

Подовжні сейсмічні хвилі (Р-хвилі, первинні хвилі, компресійні хвилі) – найбільш швидкі хвилі, що розповсюджуються від джерела сейсмічних коливань і є послідовним стисненням і розрядкою матеріалу. Подовжні хвилі проходять через всі середовища. Їх швидкість в 1,7 разу більша, ніж швидкість поперечних S-хвиль. Стандартна швидкість Р-хвиль в граніті – 5000 м/с.

Поперечні сейсмічні хвилі (S-хвилі, вторинні хвилі) – сейсмічні хвилі, що розповсюджуються повільніше, ніж подовжні Р-хвилі. Вони складаються з пружних коливань, поперечних по відношенню до напрямку розповсюдження хвилі. Поперечні хвилі не проходять через рідину.

Сейсмічні хвилі у міру віддалення від сейсмічного осередку втрачають

інтенсивність. Зменшується і сейсмічна енергія. Ці зміни на спеціальних сейсмічних картах показують *ізолініями (ізосейстами)*. Кожна ізосейста з'єднує точки з рівною щільністю потоку сейсмічної енергії. Дальність розповсюдження багато в чому визначається геологічною будовою району. У складчастих областях сейсмічні хвилі затухають значно швидше, ніж на рівнинах.

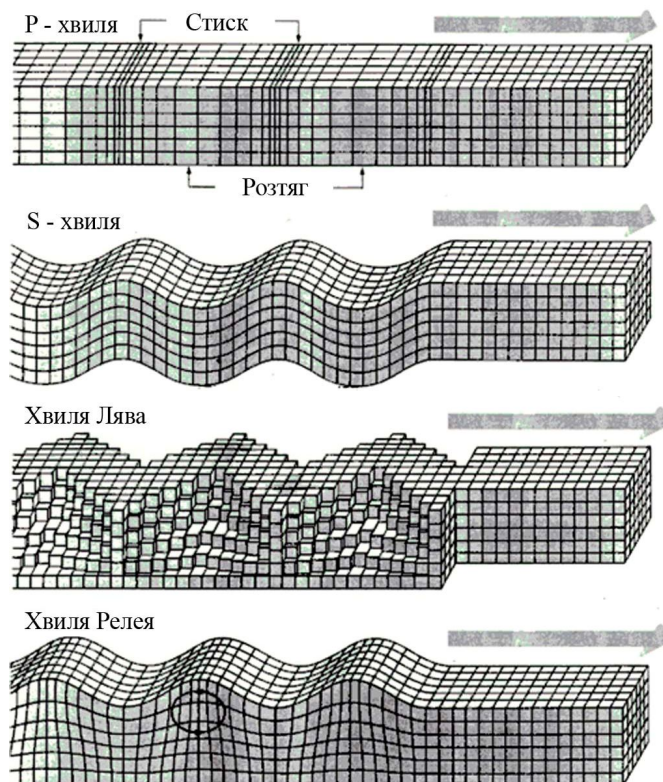


Рисунок 11.1 – Види сейсмічних хвиль

В Україні до сейсмічно небезпечних районів віднесені Карпати і Крим. Сейсмічна зона Криму займає південну частину півострова. Тут відомі землетруси силою до 8 балів.

За причинами, що їх викликають, землетруси поділяються на *тектонічні*, *вулканічні* і *денудаційні*.

Тектонічні землетруси пов'язані з розрядкою напруг, що періодично накопичуються в земній корі і верхній мантії внаслідок рухів блоків та глибок, що зачіпають різні глибини земної кори і верхню мантію. На них припадає 95 % всіх землетрусів.

Вулканічні землетруси передують виверженням вулканів або супроводжують їх. Вони мають локальне розповсюдження: обмежуються областю, прилеглою до діючого вулкана.

Денудаційні (або *обвальні*) землетруси відбуваються в районах розповсюдження легкорозчинних гіпсових, сольових і карбонатних порід, де виникають значних розмірів карстові порожнини і печери. Підземний обвал віддає по поверхні сейсмічним поштовхом. На частку денудаційних припадає близько 1 % всіх відомих землетрусів. Один з найбільш сильних денудаційних землетрусів спостерігався в Харківській області в 1915 р.

Коливання ґрунту, викликані проходженням поверхневих хвиль, фіксуються за допомогою приладів – *сейсмографів* і записуються у вигляді *сейсмограм*. **Сейсмограми** – основний документ, що характеризує землетрус. На них відбиті амплітуди подовжніх, поперечних і поверхневих хвиль.

Основні показники сили землетрусу – його енергія та інтенсивність. Енергія, що виділяється при розрядці напруг у сейсмічному осередку, вимірюється у джоулях або магнітудах. *Магнітуда M* – умовна енергетична характеристика, що виражається логарифмом відношення амплітуди коливань землетрусу, який вивчається, A_r до амплітуди коливань стандартного землетрусу A :

$$M = \lg (A_r / A) \quad (11.1)$$

Як еталонний, або стандартний землетрус, прийнято землетрус з амплітудою 1 мкм, який можна зареєструвати на відстані 100 км сейсмографом стандартного типу.

Шкала, запропонована Ч. Ріхтером, налічує 9 магнітуд. Між енергією і магнітудами існує залежність. Співвідношення магнітуди, енергії та інтенсивності землетрусів наведені в табл. 11.1.

У глибокофокусних землетрусів поверхні Землі досягає лише 7...8 % енергії, що виділяється. Тому невеликі за енергією землетруси з малою глибиною сейсмічного осередку бувають більш руйнівними, ніж глибокофокусні з високою енергією сейсмічного осередку.

Інтенсивність землетрусу характеризує силу підземних поштовхів на поверхні Землі. Для оцінки її розвитку використовують 12-бальну шкалу MSK-1964 (табл. 11.2). В її основу покладені ступінь руйнування будівель, зміни у ґрунтах, поведінка людей та інші ознаки. Характер руйнувань на поверхні залежить від напрямку ударної хвилі.

Таблиця 11.1 – Співвідношення інтенсивності, магнітуди та енергії землетрусів

Характер землетрусів	Інтенсивність, бали	Магнітуда, M	Енергія E , Дж	Кількість землетрусів на рік (частота землетрусів)
Катастрофічне	11...12	8,0...9,0	10^8	1
Сильно руйнівне	9...11	7,0...7,9	10^{16}	10
Руйнівне	7...9	6,0...6,9	10^{14}	100
Супроводжується пошкодженнями	6...7	5,0...5,9	10^{12}	1000
Тільки відчувається	4...5	3,0...3,9	10^8	100000

Між енергією землетрусу та його інтенсивністю існує залежність, що виражається формулою:

$$M = 1,3 + 0,6 B, \quad (11.2)$$

де M – магнітуда; B – інтенсивність землетрусу, балів.

Таблиця 11.2 – Класифікація землетрусів за проявами по шкалі MSK-1964

Бал	Сила землетрусу	Стисла характеристика
I	Непомітний	Фіксують тільки сейсмічні прилади
II	Дуже слабкий	Відчувають окремі люди, які перебувають у стані повного спокою
III	Слабкий	Відчуває лише невелика частина населення
IV	Помірний	Розпізнають за легким деренчанням і коливанням предметів, посуду, шибок вікон, скрипом дверей і стін
V	Досить сильний	Загальне коливання будинків, меблів, тріщини в шибках і штукатурці; просинаються ті, хто спить
VI	Сильний	Відчувають усі; падають зі стін картини, відпадають шматки штукатурки; незначне пошкодження будинків
VII	Дуже сильний	Тріщини в стінах кам'яних будинків; антисейсмічні, а також дерев'яні будівлі залишаються непошкодженими
VIII	Руйнівний	Тріщини на крутих схилах і на вологому ґрунті; пам'ятники зсуваються з місця або перекидаються; будівлі сильно пошкоджуються
IX	Спустошливий	Велике пошкодження і руйнація кам'яних будинків
X	Нищівний	Значні тріщини в ґрунті; зсуви й обвали; руйнація кам'яних будівель; викривлення залізничних рейок
XI	Катастрофічний	Широкі тріщини в землі; численні зсуви й обвали; кам'яні будинки повністю руйнуються
XII	Надзвичайно катастрофічний	Зміни в ґрунті досягають величезних розмірів; численні тріщини, обвали, зсуви; виникнення водоспадів, відхилення течії рік; руйнація всіх споруд

11.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах

Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах зводяться до вжиття таких заходів:

- вибір ділянки для будівництва;
- вибір конструктивного рішення та об'ємно-планувального рішення;
- забезпечення високої якості будівництва;
- поділ будівель і споруд антисейсмічними швами.

Будівельні майданчики під населені пункти і споруди вибираються з урахуванням геологічних даних, якнайдалі від можливих або явних розривних порушень, далеко від крутих схилів, що загрожують обвалами і зсувами. Неприятливими для будівництва вважають пухкі ґрунти і тріщинуваті породи.

При виборі ділянки для забудови враховують такі поняття, як *сейсмостійкість* будівельних об'єктів та *сейсмічність* будівельного майданчика.

Здатність ґрунтів, будівель і споруд протистояти сейсмічним впливам називають *сейсмостійкістю*. Заходи з підвищення сейсмостійкості будівель застосовуються у районах із сейсмічністю у 7 балів і вище. Нормативне обґрунтування цих заходів здійснюється за ДБН В.1.1-12:2006. «Будівництво у сейсмічних районах України». За сейсмічності більше 9 балів зведення капітальних будівель заборонено.

Сейсмічність будівельного майданчика залежить від сейсмічності району та сейсмостійкості ґрунтів, на яких розташовано майданчик та які поділяються на категорії.

Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР), яке виконується для районів із сейсмічністю 6 і більше балів. У разі відсутності карт сейсмічного мікрорайонування допускається спрощене визначення сейсмічності майданчика будівництва на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань згідно з таблицею 11.3.

Таблиця 11.3 – Сейсмічність майданчика будівництва в залежності від категорії ґрунтів

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, балів				Швидкості розповсюдження сейсмічних хвиль у ґрунті, v_s , м/с
		5	6	7	8	
I	Скельні ґрунти усіх видів; великоуламкові ґрунти щільні, маловологі, які вміщують до 30 % піщано-глинистого заповнювача. Глибина ґрунтових вод більше 15 м.	5	6	7	8	$v_s > 800$
II	Скельні ґрунти вивітрілі; піски гравелісті, крупні та середньої крупності щільні та середньої щільності маловологі; пілуватоглинисті ґрунти із показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e < 0,9$ для глин і суглинків та $e < 0,7$ для супісків. Глибина ґрунтових вод 15...5 м.	6	7	8	9	$500 < v_s < 800$
III	Піски крихкі незалежно від ступеня вологості та крупності; піски гравелісті крупні; дрібні та пілуваті вологі та водонасичені; пілуватоглинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; пілуватоглинисті ґрунти з показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e \geq 0,9$ для глин і суглинків та $e \geq 0,7$ для супісків. Глибина ґрунтових вод менше 4 м.	7	8	9	10	$200 < v_s < 500$
IV	Піски крихкі водонасичені, схильні до розрідження; насипні ґрунти; пливуні, біогенні ґрунти та намули	За результатами спеціальних досліджень				$v_s < 200$

При проектуванні будівель зазвичай приймають нормативну сейсмічність будівельного майданчика, яка відповідає 2-ій категорії. Для ґрунтів 1-ї категорії розрахункова сейсмічність знижується на 1 бал, а для ґрунтів 3-ї категорії – підвищується на 1 бал, порівняно з нормативною.

Відомо, що споруди, які будуються у сейсмічно небезпечному районі, проектуються так, щоб відповідати різним критеріям поведінки за різної інтенсивності землетрусів.

При проектуванні сейсмостійких споруд дотримуються таких принципів:

1 Принцип симетрії: маса і жорсткість конструкції повинні бути розподілені рівномірно і симетрично відносно площин симетрії, що проходять через центр ваги споруди. Тобто будівлі проектують простої форми у плані та симетричними (круг, квадрат, прямокутник). Будівлі складної форми у плані поділяють на відсіки простої форми *антисейсмічними швами* (рис. 11.2) у вигляді парних стін (у стінових будівлях) або парних рам (у каркасних будівлях).

2 Принцип гармонії: необхідно дотримуватися пропорційності у розмірах будівлі, при цьому її довжина або висота не повинні бути надзвичайно великими. Граничні розміри, поверховість, висоту поверхів будівель приймають згідно з вимогами ДБН В.1.1-12:2006.

3 Принцип антиважкості: необхідно проектувати споруду якомога більш легкою, з центром ваги, розташованим якнайнижче.

4 Принцип еластичності: матеріали в конструкції бажано застосовувати міцні, легкі, такі, що мають пружні властивості; конструкції з них повинні мати однорідні властивості.

5 Забезпечення замкнутого контуру: несучі елементи конструкції повинні бути зв'язані між собою, утворюючи замкнуті контури як у вертикальному напрямку, так і в горизонтальному.

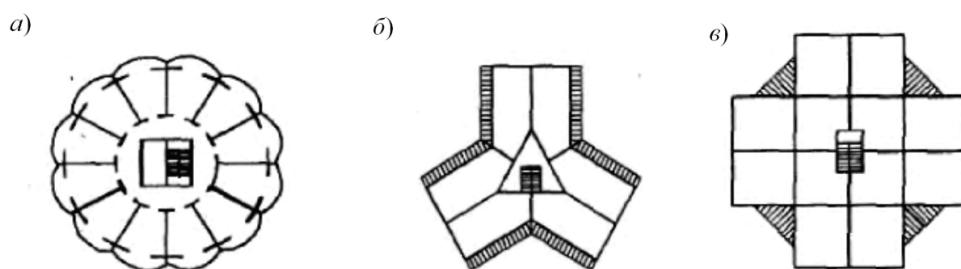


Рисунок 11.2 – Приклад проектування будівель складної форми в сейсмічних районах:

а) круглої; б) трикутної; в) квадратної

6 Забезпечення надійності фундаментів: для сейсмостійких конструкцій фундаменти повинні бути міцними, достатньо глибоко закладеними, бажано на податливих прошарках або спеціальних субструкціях,

що замінюють слабкі ґрунти, для забезпечення однорідності і міцності ґрунтової основи. Стрічкові збірні фундаменти закладають на одній відмітці та роблять неперервними. Ростверк пальового фундаменту роблять низьким, заглибленим у ґрунт. Рекомендується застосовувати суцільний плитний фундамент. Підвал розташовується під усім відсіком. В каркасних будівлях фундаменти під колони зв'язують між собою неперервними залізобетонними фундаментними балками у вигляді перехресних стрічок.

7 Застосування сейсмоізоляції: доцільно застосовувати пристрої, що знижують інтенсивність коливальних процесів, які передаються від ґрунту на будівлю.

При будівництві дамб і мостів підсилюють їх основи, влаштовують більш пологі укоси. Нові конструкції будівель здорожують будівництво, але це врешті-решт виправдовує себе: рятує життя багатьом людям, зберігає від руйнування дороги промислові об'єкти.

Будівлі і споруди слід розділяти антисейсмічними швами у випадках, якщо:

- будівля або споруда має складну форму в плані;
- суміжні ділянки будівлі або споруди мають перепади висот 5 м і більше.

Антисейсмічні шви повинні розділяти будівлі і споруди по всій висоті. Допускається не влаштовувати шов у фундаменті, за винятком випадків, коли антисейсмічний шов співпадає з осадовим.

Сходові клітки слід передбачати закритими, такими, що мають в зовнішніх стінах віконні отвори. Розташування і кількість сходових кліток слід визначати за результатами розрахунку, що виконується відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-2002 «Захист від пожеж. Пожежна безпека будівель та споруд», але приймати не менше однієї сходової клітки між антисейсмічними швами в будівлях заввишки більше трьох поверхів.

Антисейсмічні шви слід виконувати шляхом зведення парних стін або рам, а також зведення рами і стіни.

11.3 Міцність будівельних матеріалів при сейсмічних навантаженнях

Міцність будівельних матеріалів і конструкцій залежить не тільки від фізичних властивостей, але багато в чому визначається тими умовами, в яких вони знаходяться при експлуатаційних навантаженнях. В умовах землетрусів міцнісні характеристики матеріалів, природно, більшою мірою визначатимуться особливостями самого сейсмічного навантаження.

Однією з таких особливостей, характерною для всякого землетрусу, є короткочасність дії навантаження, тобто порівняно мала кількість циклів його повторення. Іншим чинником, що має велике значення для роботи будівельних конструкцій і матеріалів, є частота навантаження.

Як показують численні експериментальні дослідження, споруди коливаються з частотою, що відповідає частоті їх власних коливань, незалежно від частот зовнішньої дії. Періоди ж вільних коливань більшості будівель і споруд становлять близько 0,1...2,0 с, і, отже, частота динамічного

навантаження, що впливає на споруду в умовах землетрусів, знаходитиметься, в основному, в межах 0,5...10 Гц.

Розглядаючи несучу здатність конструкцій і матеріалів, слід мати на увазі, що сильний землетрус – явище відносно рідкісне, тому забезпечення експлуатаційної повноцінності об'єктів після землетрусу може бути економічно недоцільним, оскільки термін служби таких будівель може бути меншим за період повторюваності сильних землетрусів. Тому в сейсмостійкому будівництві не ставиться вимога забезпечення повного збереження і придатності до подальшої експлуатації будівель, що зазнали сейсмічних навантажень; головне – забезпечити безпеку людей і збереження найбільш цінного майна. Така вимога визначає поняття граничного стану конструкції; у конструкціях можна допустити будь-які деформації, які, проте, не призведуть до обвалення.

У цих умовах гранична несуча здатність конструкцій може визначатися тільки граничними міцнісними характеристиками матеріалів. Наприклад, несуча здатність залізобетонних конструкцій не повинна обмежуватися моментом появи в арматурі напруг, відповідних межі текучості арматурної сталі; вона повинна визначатися межею її міцності, що, природно, приводить до істотного збільшення несучої здатності.

Як наголошувалося раніше, несуча здатність сталі, бетону, залізобетону та інших матеріалів в умовах сейсмічних дій визначається, в основному, динамічним характером навантаження за порівняно невеликої кількості циклів його дії. При цьому міцнісні характеристики, природно, відрізнятимуться як від міцності при одноразовому швидкому навантаженні (ударі), так і від міцності при великому, обчислюваному мільйонами циклів, числі навантажень (втомна міцність). Проте оскільки міцність матеріалів у області нечисленних повторних навантажень до певної міри пов'язана і з їх ударною та втомною міцністю, треба розглянути більш загальну характеристику несучої здатності матеріалів за різних видів навантажень.

Для прикладу можна розглянути такий будівельний матеріал, як сталь. Дослідження сталі показали, що ударна міцність у неї на 20...40 % вища за статичну, а межа текучості при ударі зростає, в порівнянні зі статичними випробуваннями, на 30...60 %. Слід зазначити, що м'які сталі, які мають добрі пластичні властивості, виявляють значно помітніше збільшення міцнісних характеристик, ніж крихкі.

Збільшення міцнісних характеристик зі зміною швидкості навантаження спостерігається і в інших будівельних матеріалів, наприклад, у бетоні, алюмінії, деревині. Ударна міцність алюмінієвих сплавів на 20...30 % вища за статичну межу міцності. Міцність бетону на стиснення при ударі виявляється вищою за $R_{n,n}$, причому це перевищення, залежно від швидкості навантаження, коливається в діапазоні від 10 % до 85 %. Ударна міцність деревини при вигині на 10...75 % вища за своє статичне значення. Тобто як правило, міцнісні характеристики будівельних матеріалів збільшуються зі зростанням швидкості додавання навантаження.

Міцнісні характеристики будівельних матеріалів залежать від

повторності додавання навантаження. Дослідами встановлено, що якщо матеріал піддавати дії навантаження, величина якого дещо менше за статично руйнуючу, то після деякого числа повторень навантаження викликає руйнування цього матеріалу. Якщо потім зменшити величину навантаження, то для руйнування такого ж зразка вже буде потрібна більша кількість циклів. За зменшення навантаження до певної межі стане можливим навантажувати зразок нескінченну кількість разів без руйнування. Ця характеристика матеріалу носить назву "межа втоми", або "витривалість".

Практично межею витривалості прийнято вважати максимальну напругу, яку матеріал витримує в кількості $5 \cdot 10^6$ або $5 \cdot 10^7$ циклів.

Дослідження втомної міцності сталі, бетону, залізобетону та інших будівельних матеріалів були проведені багатьма ученими. За даними цих досліджень, величина межі витривалості для сталі становить близько $0,5 R_{n.n}$ (при $n = 6 \cdot 10^6$ та $q = 0$), для бетону на стиск – приблизно $0,5 \dots 0,6 R_{n.n}$ (при $n = 2 \cdot 10^6$ та $q = 0$). Для залізобетонних елементів межа витривалості залежить від відсотка армування і коливається в межах $0,4 \dots 0,6 R_{n.n}$.

Слід зазначити, що втомна міцність матеріалів залежить від цілого ряду чинників: від виду напруженого стану, меж зміни напруг при кожному циклі динамічного навантаження (коефіцієнта асиметрії $q = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$), швидкості навантаження, режиму зміни амплітуд напруг та ін.

Міцнісні характеристики будівельних матеріалів у області обмеженої втоми мають безпосереднє відношення до несучої здатності при сейсмічних навантаженнях.

Дослідженням міцності сталі, бетону, залізобетону, алюмінію у області нечисленних повторних навантажень останнім часом приділяється багато уваги. Було встановлено, що в цьому діапазоні на міцність і деформативність будівельних матеріалів впливають як швидкість додавання навантаження, що веде до збільшення міцнісних характеристик матеріалів, так і повторність динамічної дії, що знижує несучу здатність. Істотний вплив на зниження міцнісних показників конструктивних елементів справляють також "перевантажувальні цикли", що мають місце, як це вже було відмічено, при землетрусах.

У результаті досліджень несучої здатності матеріалів (сталі, алюмінію і бетону) і простих конструкцій (балок і стояків) при нечисленних повторних навантаженнях вдалося встановити, що залежність між міцністю і логарифмом числа навантажень для досліджуваних матеріалів має пряmlinійний характер і може бути виражена рівняннями: для сталі $\sigma_n = R_{n.n} (1,34 \dots 0,13 \lg n)$; для алюмінію $\sigma_n = R_{o.o} (1,41 \dots 0,15 \lg n)$; для бетону $\sigma_n = R_{n.n} (1,15 \dots 0,09 \lg n)$.

Таким чином, міцність сталі, алюмінію і бетону за порівняно невеликого числа повторних навантажень (до $80 \dots 100$ циклів) у ряді випадків перевищує статичну межу міцності, а при одноразовому навантаженні ($n = 1$) це перевищення стає вельми значним (для сталі А-I – 30 %, для алюмінієвого сплаву АМг/кб1 – 40 % і для бетону марки 200 – 15 %), тобто швидкість навантаження істотно впливає на міцнісні характеристики матеріалів.

Величина відносного подовження μ при розриві для балок зі звичайного і

попередньо напруженого залізобетону, армованого сталлями класів А-I, А-IIIв і А-IV, за різного вмісту арматури, становить: для сталі класу А-I – близько 25 %, для сталей класів А-IIIв і А-IV – 6 %.

Для залізобетонних балок з арматурою класу А-I $\mu = 1,7$ %; з арматурою класу А-III $\mu = 1,0$ %.

У результаті проведених досліджень було встановлено залежність міцності зразків від кількості циклів динамічного навантаження.

Як показує аналіз поведінки будівель, що зазнали сильних землетрусів, одним з основних чинників, що справляють вирішальний вплив на поведінку конструктивних елементів при сейсмічних навантаженнях, є деформативні властивості матеріалів, оскільки вони, в основному, визначають запаси несучої здатності конструкцій. Вище наголошувалося, що при будь-якому землетрусі разом з більш-менш стабільним значенням амплітуд динамічного навантаження зустрічаються і перевантажувальні цикли. Ці "піки" є найбільш небезпечними для крихких матеріалів, оскільки межа пружності в них є близькою до межі міцності, і якщо зовнішнє навантаження навіть протягом деякого проміжку часу викличе в такому матеріалі напруги, що перевищують межу пружності, то його несуча здатність вичерпується і наступає руйнування.

Саме таким матеріалом, що не є здатним до пластичних деформацій, для якого надзвичайно небезпечні перевантаження, є цегляна кладка. Так, при ташкентському землетрусі спостерігалися достатньо сильні пошкодження будівель з несучими цегляними стінами, тоді як будівлі інших типів майже не постраждали.

Велику роль відіграють шви і стикові з'єднання між різними конструктивними елементами. Матеріал шва може відрізнитися від матеріалу елементів. Поведінка конструкцій під час землетрусів зумовлена характером зв'язків.

11.4 Системи сейсмосахисту будівель і споруд

Загальна класифікація *систем сейсмосахисту* споруд представлена на рис. 11.3. Вона складається з *традиційних методів* забезпечення сейсмостійкості та спеціальних засобів сейсмосахисту.

Традиційні методи забезпечення сейсмостійкості

Цегляні будівлі

Цегляні будинки висотою до чотирьох поверхів є найпоширенішим типом будівель у сейсмічних районах.

Міцнісні і деформаційні властивості кам'яних кладок такі, що вони погано чинять опір дії сейсмічних навантажень. Вразливими місцями будівель при землетрусах є ділянки сполучення поздовжніх і поперечних стін. При дії горизонтальних сил у площині перекриттів найскладніше зусилля зсуву сприймаються в місцях сполучення перекриттів зі стінами.

Тому в кам'яних стінах влаштовуються окремі залізобетонні включення, що істотно підвищують несучу здатність кам'яних конструкцій.

У стінових будівлях стійкість та жорсткість несучих стін підсилюється

залізобетонними обв'язками замоноличування, антисейсмічними поясами та антисейсмічними сердечниками.

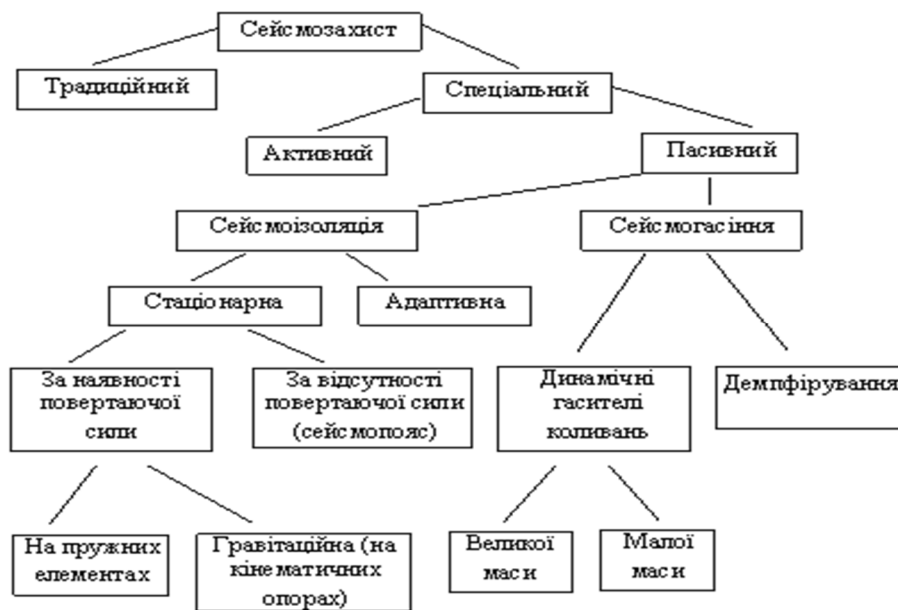


Рисунок 11.3 – Класифікація систем сейсмозахисту

Великопанельні будівлі

Зведення великопанельних будинків у сейсмічних районах вважають більш доцільним, бо вони приблизно у 2 рази легші за цегляні та мають більшу просторову жорсткість. Нові будівлі із залізобетонними конструкціями витримують підземні поштовхи силою до 8 балів і більше.

Великопанельні будівлі для підвищення механічної міцності слід проєктувати з подовжніми і поперечними несучими стінами, об'єднаними між собою і з перекриттями та покриттями в єдину просторову систему, що сприймає сейсмічні навантаження.

Зовнішні стіни розраховують на горизонтальні навантаження. У будівлях вище 5 поверхів застосовують панелі з подвійною арматурою. Перекриття рекомендується виконувати з панелей "на кімнату" з рифленими гранями.

Каркасні будівлі

У каркасних будівлях конструкцією, що сприймає горизонтальне сейсмічне навантаження, може служити: каркас, каркас із заповненням, каркас із вертикальними зв'язками, діафрагмами або ядрами жорсткості.

Для сприйняття сейсмічних впливів жорсткі вузли залізобетонних каркасів будівель повинні бути посилені застосуванням зварних сіток, спіралей або замкнутих хомутив.

В каркасних будівлях враховують додаткові сейсмічні горизонтальні навантаження, встановлюючи діафрагми і зв'язки.

Деякі землетруси викликають у каркасних будівлях руйнування колон при великих переміщеннях нижнього поверху. Одним з можливих шляхів збереження колон нижнього поверху, а значить і будівлі в цілому, є

застосування в нижньому поверсі *резервних жорстких вертикальних елементів (РВЕ)*, що вимикаються (що руйнуються) у процесі наростання амплітуд коливань споруди при деяких сейсмічних діях. Виключення цих РВЕ викликає перебудову внутрішньої структури системи, зміну її динамічних характеристик і підвищує надійність споруди при сейсмічних діях різного типу.

Спеціальні засоби сейсмосахисту

Спеціальні засоби сейсмосахисту є на сьогодні одним з найбільш перспективних напрямів у галузі сейсмостійкого будівництва.

Згідно з прийнятою класифікацією, всі методи спеціального *сейсмосахисту* можна поділити на *активні* (що мають додаткове джерело) і *пасивні*. Такий підрозділ відповідає термінології, що склалася, в теорії віброзахисту.

Активний *сейсмосахист* ХЕ "*сейсмосахист*" включає додаткові джерела енергії та елементи, що регулюють роботу цих джерел, проте його реалізація вимагає значних витрат на улаштування й експлуатацію. Це виключає можливість широкого застосування активного *сейсмосахисту* для будівельних конструкцій. Далі розглядаються спеціальні методи пасивного сейсмосахисту, які не використовують додаткових джерел енергії. Ці методи підрозділяються на *сейсмоізоляцію* та *сейсмогасіння*.

У *системах сейсмоізоляції* ХЕ "*сейсмоізоляції*" забезпечується зниження механічної енергії, одержуваної конструкцією від основи шляхом настроювання частот коливань споруди від переважаючих частот дії. Розрізняють *адаптивні* і *стаціонарні* системи сейсмоізоляції.

В *адаптивних* системах динамічні характеристики споруди незворотно змінюються в процесі землетрусу, «пристосовуючись» до сейсмічної дії. Наприклад, у нижній частині будівлі між несучими стояками нижнього поверху встановлюють зв'язкові панелі (рис. 11.4), що відключаються (руйнуються) при інтенсивних сейсмічних діях, коли у спектрі дії переважають періоди, рівні або близькі до періоду вільних коливань споруди. Після відключення панелей частота вільних коливань падає, період збільшується, внаслідок чого відбувається зниження сейсмічного навантаження. Як недоліки *адаптивних* систем слід вказати, що після руйнування зв'язків, що вимикаються, під час землетрусу необхідне їх відновлення, що не завжди можна здійснити практично.

У *стаціонарних* системах динамічні характеристики зберігаються у процесі землетрусу.

Найбільшого розповсюдження серед систем стаціонарної сейсмоізоляції набули *сейсмоізолюючі фундаменти*, які достатньо широко застосовуються у практиці сейсмостійкого будівництва.

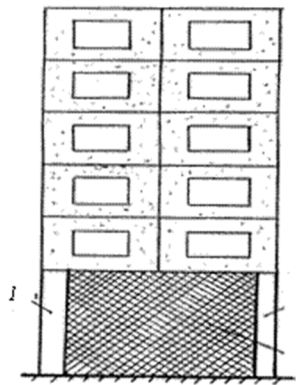


Рисунок 11.4 – Приклад застосування *адаптивної* системи сейсмоізоляції: 1 – несучі стояки; 2 – зв’язкові панелі

Основні принципи влаштування сейсмоізолюючих фундаментів зводяться до того, що:

- їх доцільно застосовувати в районах, для яких упевнено прогнозуються високо- і середньочастотні землетруси з періодом прискорення не більше 1 с. (У районах, для яких характерні низькочастотні землетруси, сейсмоізолюючі конструкції не рекомендовані.)

- вони повинні обов’язково включати систему додаткових засобів сейсмосахисту, що знижують небезпечні відносні зсуви ізолюваного об’єкта; такими засобами можуть бути спеціальні пристрої енергопоглинання, наприклад, динамічні гасителі, енергопоглиначі сухого і в’язкого тертя і т.п.

Всі конструкції сейсмоізолюючих фундаментів можна підрозділити на дві великі групи, залежно від того, виникає чи не виникає повертаюча сила при взаємному зсуві сейсмоізолюованих частин споруди.

Сейсмоізоляція, яка не забезпечує повертаючої сили, що діє на сейсмоізолюючі частини конструкцій, реалізується шляхом влаштування *ковзаючого поясу* (рис. 11.5). При землетрусі за збільшенням горизонтального навантаження сила тертя долається і відбувається прослизання верхньої фундаментної плити відносно нижньої. При цьому вдається у декілька разів знизити навантаження на устаткування і будівлю. Перевагами цієї конструкції є її відносна простота і чіткість роботи. Недоліками слід вважати відсутність можливості регулювання сил тертя.

Сейсмічні коливання можна істотно знизити за рахунок використання сипких матеріалів у вигляді піску, щебеню, гравію і т. под. у фундаментних частинах сейсмоізолюованої споруди (рис. 11.6).

Ефект зниження сейсмічного навантаження унаслідок пропонованих заходів може бути дуже великим, проте важко підібрати оптимальні характеристики сейсмоізолюючих фундаментів такого типу, не ясна їх поведінка при низькочастотних землетрусах, немає можливості регулювання параметрів демпфірування і т.п.

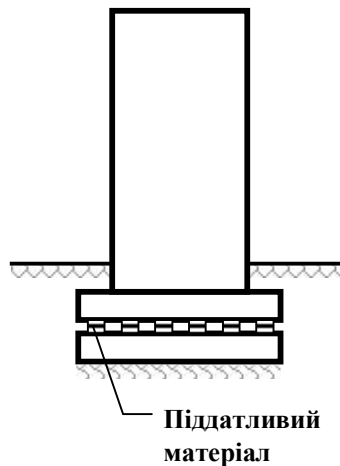


Рисунок 11.5 – Приклад застосування системи ковзаючого поясу у фундаменті споруди

Конструкції, в яких виникає повертаюча сила між сейсмоізолюючими частинами споруди, можна поділити на дві групи: із пружними та кінематичними опорами гравітаційного типу.

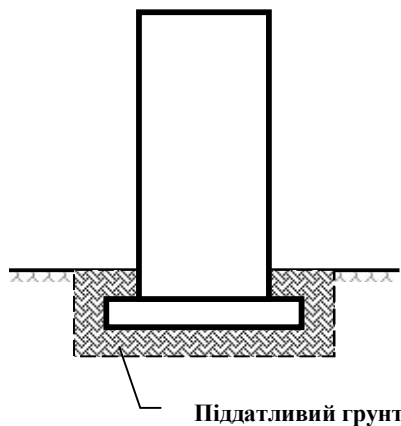


Рисунок 11.6 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту з використанням сипких матеріалів

У системі з пружними елементами амортизуючі опорні елементи виконуються з різних еластичних матеріалів (гуми, поліхлоропрену, фторопласту і т. под.) і пружинних елементів (рис. 11.7). Ці опори можуть надійно захищати конструкції від сейсмічних дій.

Дослідження споруд на гумометалевих опорах указують на їх високу надійність, проте вартість самих фундаментів виявляється значною і може досягати 30 % від вартості будівлі.

Застосування таких пристроїв дозволяє знизити сейсмічні навантаження і внутрішні зусилля, викликані ними, в конструкціях будівель. Проте серйозною проблемою при проектуванні споруд на пружних опорах виявилася складність забезпечення їх міцності при значних взаємних зсувах сейсмоізованих частин фундаменту.

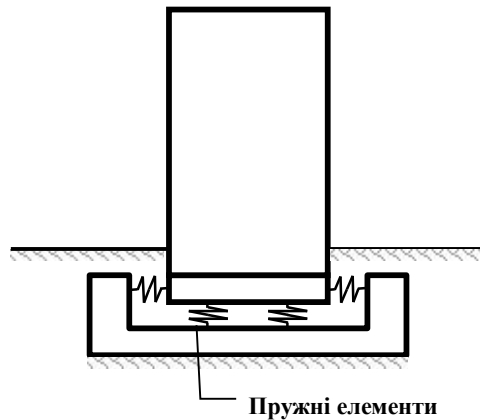


Рисунок 11.7 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту з пружними елементами

Принцип роботи конструкцій гравітаційного типу на гравітаційних кінематичних опорах полягає в тому, що під час землетрусу центр тяжіння опор піднімається (рис. 11.8), в результаті утворюється гравітаційна поновлююча сила. При цьому коливання будівлі відбуваються біля положення рівноваги, і їх початкова частота й період залежатимуть від геометричних розмірів використовуваних опор.

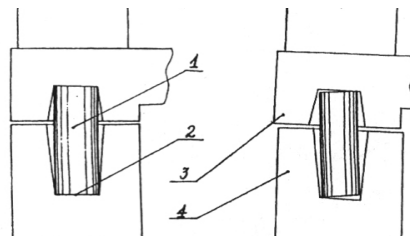


Рисунок 11.8 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту гравітаційного типу на гравітаційних кінематичних опорах

Пропоноване рішення дозволяє збільшити площу передачі навантаження на опорні частини і тим самим зменшити виникаючі напрути в зоні контакту рухомих елементів із опорними частинами.

У системах *сейсмогасіння*, що включають енергопоглиначі і динамічні гасителі, значний ефект гасіння коливань досягається шляхом використання спеціальних поглиначів енергії, що мають підвищені *дисипативні властивості*. Механічна енергія конструкції, що коливається, переходить в інші види енергії, що приводить до демпфірування коливань або до перерозподілу енергії від захищуваної конструкції до гасителя. Розсіювання енергії в системах *сейсмогасіння* відбувається за рахунок:

- роботи сил пластичної деформації,
- сухого або в'язкого тертя;
- застосування пружнофрикційних зв'язків;
- динамічних гасителів коливань.

Енергопоглиначі сухого або в'язкого тертя, що застосовуються в системах сейсмоізоляції фундаментів (рис. 11.9), можуть використовуватися

не тільки у вигляді нерозривного зв'язку між досліджуваним об'єктом і основою, але також і як обмежувачі переміщення, що встановлюються із заданим зазором. Вони є найбільш зручними, з погляду практичної реалізації та експлуатації

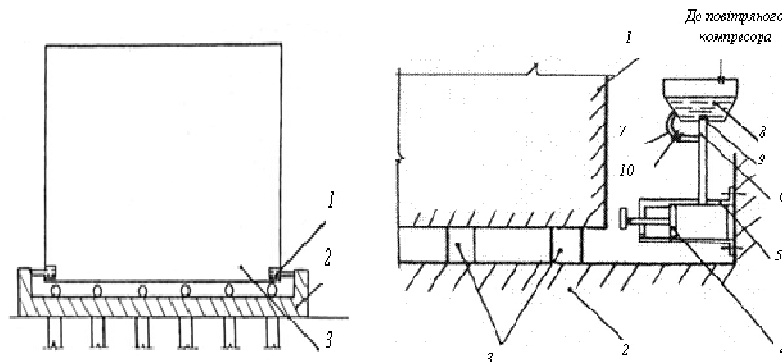


Рисунок 11.9 – Приклад системи з енергопоглиначами сухого або в'язкого тертя а) 1 – енергопоглинач; 2 – підземна сейсмоізолююча частина будівлі; 3 – надземні конструкції будівлі;

б) 1 – надземні конструкції споруди; 2 – нижня частина фундаменту; 3 – вертикальні амортизуючі елементи; 4 – поршень гідросистеми; 5 – циліндр гідросистеми; 6 – патрубок; 7 – перехідна трубка; 8 – резервуар; 9 – зворотний клапан; 10 – дросель

Застосування пружнофрикційних зв'язків (рис. 11.10) дозволяє не тільки значно підвищити дисипативні властивості системи, але й регулювати її енергопоглинаючу здатність. настроювати систему на оптимальний режим роботи. Втіленням фрикційних зв'язків є штучне розрізання остову будівлі на самостійні несучі блоки, сполучені між собою у швах фрикційними зв'язками. Як фрикційні зв'язки можуть використовуватись, наприклад, болтові з'єднання.

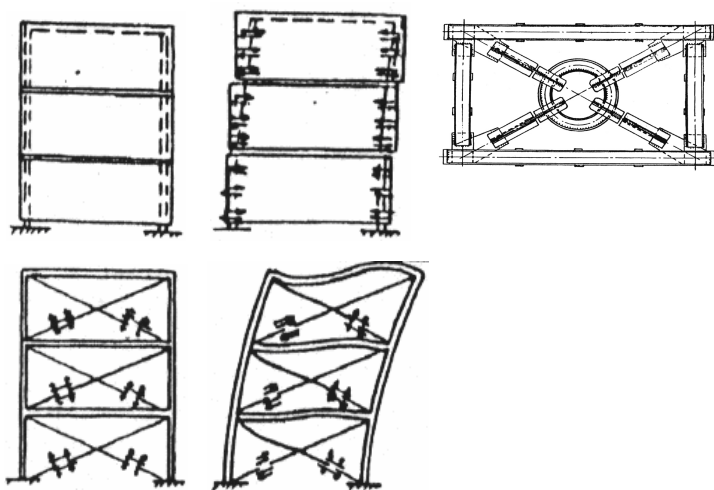


Рисунок 11.10 – Приклади систем з енергопоглиначами пружнофрикційних зв'язків (а). Пластичні енергопоглиначі в системах зв'язків сталевих каркасів (б)

У системах сейсмогасіння з *динамічним гасителем коливань (ДГК)* як на рис. 11.11 механічна енергія конструкції, що коливається, не тільки може переходити в інші види енергії, але і перерозподілятися від конструкції, що захищається, до гасителя. Для забезпечення ефективної роботи ДГК в потрібне істотне збільшення гасячої маси. Системи сейсмогасіння з ДГК використовують для захисту хмарочосів.

Існують адаптивні *системи сейсμοзахисту*, динамічні характеристики яких можуть змінюватися (самонастроюватися) і пристосовуватися до спектрального складу землетрусу. Один із різновидів таких систем – комбінована система, що складається з кінематичних опор і упорів-обмежувачів переміщень. Існує декілька конструктивних рішень, що по-різному втілюють цю систему. Кожне з конструктивних рішень має специфічні особливості, які так чи інакше можуть вплинути на будівлю при землетрусі, її сейсмічну реакцію і врешті решт сейсмічність.

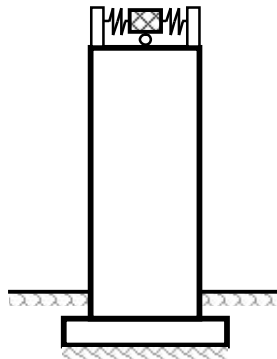


Рисунок 11.11 – Приклад системи з динамічним гасителем коливань

11.5 Методи розрахунку будівель на сейсмічні впливи

Розрахунок конструкцій і фундаментів будівель та споруд для будівництва в сейсмічних районах повинен виконуватися на основні та особливі сполучення навантажень з урахуванням сейсмічних дій. В особливе сполучення навантажень входять постійні, можливі довготривалі та короткочасні навантаження, сейсмічні дії, а також дії, що обумовлені деформаціями основи при замочуванні просідаючих ґрунтів.

При розрахунку будівель і споруд (окрім транспортних і гідротехнічних) на особливе сполучення навантажень з урахуванням сейсмічних впливів до розрахункових значень навантажень вводяться коефіцієнти сполучень (табл. 11.4).

Таблиця 11.4 – Значення коефіцієнтів сполучень

Види навантажень	Значення коефіцієнта сполучень, n_c
Постійні для залізобетонних, кам'яних, дерев'яних	0,9
Те саме для металевих конструкцій	0,95
Тимчасові тривалі	0,8
Короткочасні (на перекриття та покриття)	0,5

Розрахунки споруд на особливі сполучення навантажень з урахуванням сейсмічних дій належить виконувати із використанням:

- а) *спектрального методу* – слід виконувати для всіх будівель і споруд. Цей метод є достатнім для будівель і споруд простої геометричної форми із симетричним і регулярним розміщенням мас і жорсткостей, із найменшим розміром у плані не більше 30 м;
- б) *прямого динамічного методу* – із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або стандартного набору синтезованих акселерограм – для будівель і споруд особливо відповідальних, заввишки понад 50 м (більше 16 поверхів) та споруди з прогонами більше 30 м або із принципово новими конструктивними рішеннями. При цих розрахунках слід враховувати можливість розвитку непружних деформацій конструкцій.

Сейсмічні дії можуть мати будь-який напрям в просторі. При цьому максимальні амплітуди прискорень основи слід приймати не менше 100, 200 або 400 см/с^2 при сейсмічності майданчиків будівництва 7, 8 і 9 балів відповідно.

Для будівель і споруд простої геометричної форми розрахункові сейсмічні навантаження слід приймати такими, що діють горизонтально у напрямі їх подовжньої і поперечної осей. Дію сейсмічних навантажень у вказаних напрямках слід враховувати роздільно.

При розрахунку споруд складної геометричної форми слід враховувати найбільш небезпечні для даної конструкції або її елементів напрями дії сейсмічних навантажень.

Вертикальну складову сейсмічної дії необхідно враховувати при розрахунку:

- горизонтальних і похилих консольних конструкцій;
- пролітних споруд мостів;
- рам, арок, ферм, просторових покриттів будівель і споруд прольотом 12...24 і більше метрів в залежності від сейсмічності майданчика;
- будівель, споруд і фундаментів на стійкість проти перекидання або проти ковзання;
- пальових конструкцій з високим ростверком;
- міцності несучих стін з кам'яної кладки;
- опорних елементів сейсмоізоляції.

РОЗДІЛ 12 ВПЛИВ ВИБУХУ НА БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

- 12.1 Загальні відомості про вибух
- 12.2 Поведінка будівельних конструкцій при вибухах
- 12.3 Розрахунок параметрів вибуху
- 12.4 Розрахунок площі легкоскридних конструкцій

12.1 Загальні відомості про вибух

В даний час з метою інтенсифікації виробництв у різних технологіях широке застосування знайшла енергія вибуху, що акумульована у *вибухових речовинах* (ВР). Поводження цих речовин при нагріванні, ударі, горінні істотно відрізняється від горіння інших горючих речовин.

Вибухові речовини – ті, що здатні до вибухових перетворень.

Вибухові перетворення – це швидка хімічна реакція, що супроводжується вибухом.

Викликати вибух можуть фізичні процеси та хімічні перетворення. Тому прийнято розрізняти вибухи фізичні та хімічні (теплові). До **фізичних** відносяться вибухи, при яких не відбуваються хімічні реакції. Це вибухи посудин, що працюють під тиском, вибухи електродинамічні і термодинамічні. **Хімічним** вибухом ВР називають хімічне перетворення, що самопоширюється з великою швидкістю і протікає з виділенням великої кількості тепла та утворенням газів. Прикладом є вибух димного порошу, при якому відбувається швидка хімічна реакція між селітрою, сіркою і вуглецем, що супроводжується виділенням великої кількості теплоти.

Газоподібні продукти, що утворилися, нагріваються за рахунок теплоти реакції до високої температури (кілька тисяч градусів) і мають високий тиск (сильно стиснуті). При розширенні ці гази роблять механічну роботу, тобто в ході вибуху відбувається звільнення накопиченого в речовині або в системі великого запасу енергії. Таким чином, можна визначити чотири умови, при яких хімічна реакція буде протікати у формі вибуху:

- а) екзотермічність;
- б) утворення газів;
- в) велика швидкість;
- г) здатність до самопоширення.

Вибух – це процес швидкого виділення великої кількості енергії, викликаного раптовим фізичним або хімічним перетворення речовини або суміші. Основною ознакою вибуху є миттєва зміна тиску, який залежить від температури та об'єму продуктів горіння.

У найбільш широкому значенні слова *вибухом* називають фізичне або хімічне перетворення речовини, що супроводжується у край швидким переходом його енергії в енергію стиску і руху вихідної речовини або продуктів його перетворення та навколишнього середовища.

При вибуху розрізняють дві стадії:

Перша стадія – перетворення того чи іншого виду енергії в енергію сильно стиснутих газів. У випадку вибуху димного порошу – це екзотермічна

реакція, що протікає з дуже великою швидкістю і в якій утворюються сильно стиснуті гази та пари. При ядерному вибуху – це швидкопротікаючі ядерні або термоядерні реакції – реакції поділу або з'єднання атомних ядер, при яких звільняється велика кількість теплоти. Продукти реакції, оболонка атомної або водневої бомби і деяка кількість середовища навколо бомби миттєво перетворюються в нагріті до дуже високої температури газу, що мають високим тиском.

Друга стадія – миттєве розширення сильно стиснутих газів і парів. У процесі розширення потенційна енергія стиску звичайно переходить у механічну роботу. Ця робота приводить навколишнє середовище в рух, що може викликати руйнування конструкцій, якщо виниклі напруги перевищують їх межу міцності. Унаслідок швидкості, з якою реакція проходить по ВР, гази, що утворюються, навіть при відсутності міцної оболонки, набувають високого тиску і здатні, розповсюджуючись по навколишньому середовищу, породжувати в ньому *ударні хвилі*, здійснювати сильний удар, що руйнує і розкидає перепони. Таким чином, украй швидкий прояв дії тиску, як правило, дуже великого, являє собою основну характерну ознаку вибуху.

Унаслідок вибуху звичайно утворюються *вибухові хвилі*.

Вибухові хвилі поширюються у вигляді *ударних хвиль* або *хвиль стиску*. На фронті *ударних хвиль* стрибкоподібно змінюється тиск, щільність, температура, швидкість руху часток середовища (рис. 12.1). Для *хвиль стиску* характерна поступова зміна цих параметрів. Під тиском мається на увазі надлишковий тиск, який виникає у середовищі при проходженні вибухової хвилі. Параметри хвиль (тиск, час дії, швидкість поширення і т.п.) залежать від:

- джерела енергії вибуху;
- навколишнього середовища (повітря, ґрунт, вода);
- інтенсивності протікання хімічної реакції (режиму горіння);
- інших факторів.

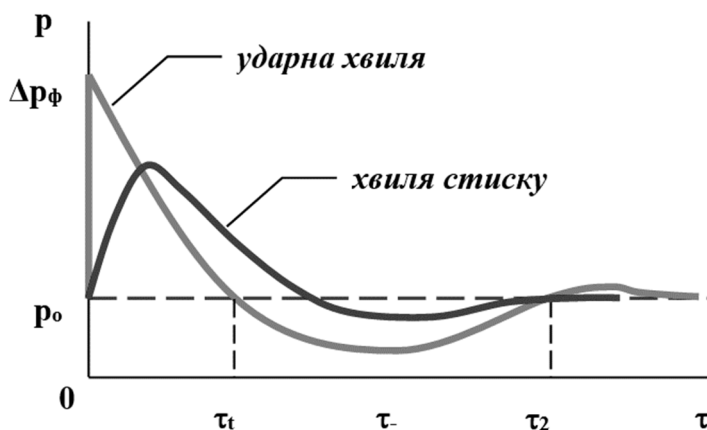


Рисунок 12.1 – Схема зміни тиску в часі у фіксованій на місці точці для ударної хвилі та хвилі стиску

Вибухові хвилі впливають на конструкції споруд як короточасні динамічні навантаження. В залежності від призначення споруди та причин вибуху короточасні динамічні навантаження можуть бути *експлуатаційними* та *аварійними*. При *експлуатаційних навантаженнях* у конструкціях не повинні

виникати деформації, що порушують нормальну експлуатацію споруди. При аварійних навантаженнях у деяких конструкціях споруди можуть виникати пластичні деформації і, навіть, руйнації.

У залежності від механізму передачі теплоти від шару до шару ВР розрізняють два види вибухового перетворення: *детонацію* і *дефлаграцію* (горіння).

При *дефлаграційному процесі (горінні)* теплота, що виділяється в зоні реакції, передається шляхом теплопередачі від гарячих продуктів реакції до найближчого шару ВР, викликаючи в ньому, у свою чергу, інтенсивну хімічну реакцію. Процес повторюється й у наступних шарах ВР. У цьому випадку хімічне перетворення поширюється при атмосферному тиску з дозвуковою швидкістю. Швидкість поширення сильно залежить від тиску, при якому протікає процес.

Фронт *дефлаграційного* горіння нагадує "проникний поришень", що створює при русі попереду себе *хвилю стиску*. Надмірний тиск ΔP_{ϕ} в хвилі стиску поступово збільшується від фронту хвилі до фронту полум'я. Хвиля стиску також утворює, так званий, *швидкісний натиск* – динамічне навантаження, що утворюється потоком повітря (див. додаток 42). *Швидкісний натиск* є основним руйнівним чинником для будівельних конструкцій. Максимальні значення надмірного тиску і *швидкісного натиску* досягаються перед фронтом полум'я, позаду якого утворюється вогненна куля з високою температурою випромінювання (1 800...2 500 °С).

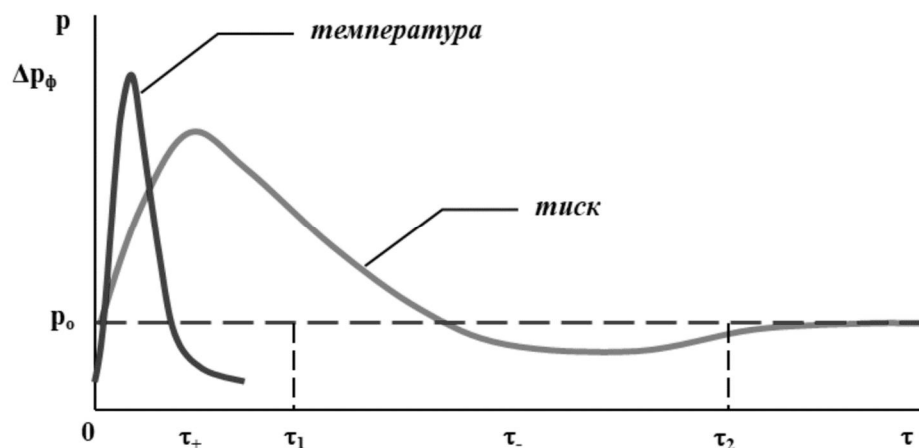


Рисунок 12.2 – Схема зміни тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при дефлаграційному вибуху

Коли горіння відбувається в незамкнутому просторі, воно не супроводжується ані характерним звуковим ефектом, ані механічною роботою. У замкнутому ж просторі процес протікає енергійніше: швидко піднімається тиск, у зв'язку з чим збільшується швидкість горіння. При горінні в замкнутому об'ємі, наприклад у зарядній камері гармати або в шпурі, характерно більш-менш швидке, але не різке наростання тиску газів до значень декількох сотень МН/м² (декількох тисяч атмосфер).

При *детонаційному процесі* механізм поширення хімічного

перетворення ВР обумовлений передачею енергії від шару до шару хвилею стиску, тобто ударною хвилею. У цьому випадку хімічне перетворення поширюється по речовині з надзвуковою швидкістю або швидкістю, близькою до швидкості звуку.

Детонація може виникнути при наявності деяких умов, при яких горіння вибухових речовин стає нестійким, швидкість його починає збільшуватися, а, починаючи з деякого її значення, змінюється режим вибухового перетворення – виникає *ударна хвиля*. Швидкість ударної хвилі продовжує наростати, але до деякого граничного значення. Таким чином, швидкість вибухового перетворення, що протікає по механізму детонації, безупинно зростає від мінімального до граничного, постійного значення.

Детонація характеризується різким стрибком тиску в місці вибухового перетворення до 30-40 млн. Н/м² (300-400 тис. кгс/см²) і дуже різкою дією на навколишнє середовище. У момент підходу ударної хвилі до перешкоди тиск стрибком підвищується від атмосферного P_0 до значення $P_0 + \Delta P_\phi$ у фронті хвилі, а потім поступово убуває (рис. 12.3). Після часу τ_t від моменту приходу ударної хвилі фаза стиснення переходить у фазу розрядки, але максимальна розрядка $\Delta P < 0,3\Delta P_\phi$. Одночасно з тиском у фазі стиснення виникає рух повітря у напрямі розповсюдження хвилі – *швидкісний натиск*, який рухається за фронтом ударної хвилі.

Безпосереднє ураження ударною хвилею виникає в результаті дії надлишкового тиску та швидкісного натиску повітря. Ступінь пошкодження будівель та споруд в залежності від їх конструктивних особливостей визначається або надлишковим тиском, або швидкісним натиском. Наприклад, при невеликих розмірах об'єкту ударна хвиля майже миттєво охоплює його та надає сильного тиску (людиною миттєве підвищення тиску сприймається як різкий удар). В той же час швидкісний натиск утворює сильний лобовий тиск на об'єкт, який обумовлює його зсув у просторі та/або перекидання.

У фазі розрядки повітря рухається у зворотному напрямі. А на дальніх відстанях ударні хвилі від вибухів переходять в слабкі хвилі стиску.

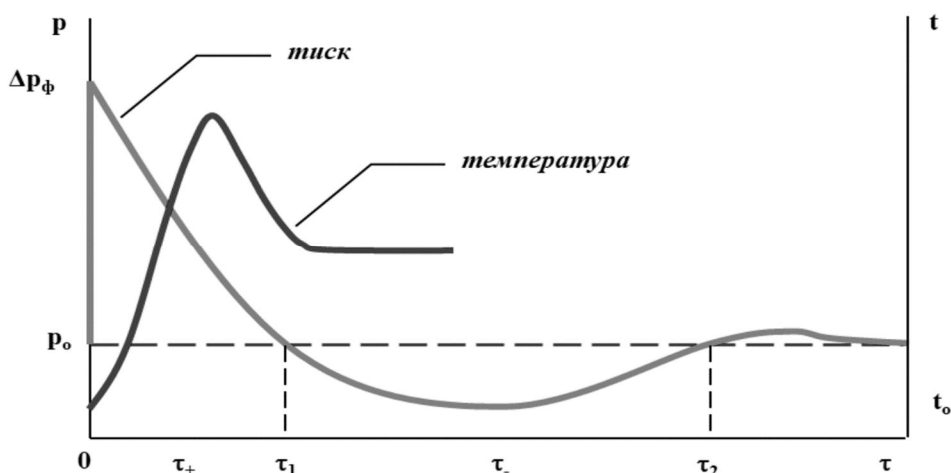


Рисунок 12.3 – Схема зміни тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при детонаційному вибуху

Класифікація *вибухових речовин (ВР)* здійснюється за декількома ознаками:

- 1) за агрегатним станом – гази, рідини і тверді речовини;
- 2) за складом – однорідні речовини і суміші;
- 3) за приналежністю до певного класу хімічних сполук;
- 4) за ступенем стійкості горіння.

Більшість вибухових речовин є твердими тілами (наприклад, тротил, ксиліл і т.п.). Менш поширені, але так само різноманітні рідкі вибухові речовини. Вибуховими речовинами можуть бути і гази, наприклад суміші повітря з парами бензину або горючими газами. Так суміш повітря з газом метаном приводить до вибухів у шахтах, якщо в них не забезпечена правильна вентиляція. Нарешті, вибуховою системою може бути пилоповітряні горючі суміші, наприклад вугільний пил, пил борошна і т.п.

Таким чином, вибух заряду ВР може бути збуджений вибухом іншого заряду. Заряд, що вибухає першим, називають *ініціюючим зарядом*. Заряд, що вибухає під впливом вибуху активного заряду, називають *пасивним зарядом або зарядом, що ініціюється*.

12.2 Поведінка будівельних конструкцій при вибухах

В залежності від величини тиску розрізняють 4 ступеня руйнування будівель.

1 Слабка ступінь руйнування – руйнування скла, легких перегородок, відкриття *легкоскидних конструкцій (ЛСК)*, дверей, воріт відбувається при надмірному тиску ударної хвилі від 5 до 20 кПа. Основні будівельні конструкції не руйнуються. Ступінь пошкодження – 10...30 %. Усунення наслідків – за допомогою малого або середнього ремонту.

2 Середня ступінь руйнування – руйнування плит покриття, перекриття, стін із цегли завтовшки 51 см, бетонних стін завтовшки 26 см починається при надмірному тиску ударної хвилі від 20 до 30 кПа. Ступінь пошкодження – 30...60 %. Усунення наслідків – за допомогою капітального ремонту.

3 Сильна ступінь руйнування – руйнування будівель із сталевим каркасом, стін із цегли завтовшки 64 см, бетонних стін завтовшки 36 см починається при надмірному тиску ударної хвилі від 30 до 50 кПа. Ступінь пошкодження – 50...90 %. Доцільність капітального ремонту сумнівна.

4 Повне руйнування – Відбувається при надмірному тиску ударної хвилі більш 50 кПа. Ступінь пошкодження – 90...100 %.

Питанням запобігання вибухів приділяється багато уваги. Це регулювання параметрів технологічних процесів, влаштування автоматичних сигналізаторів довибухової концентрації речовин, застосування об'ємно-планувальних та конструктивних рішень.

Вибухобезпечність об'єктів в будівництві повинна забезпечуватися:

- системою інженерно-технічних заходів;
- системою запобігання вибуху (вибухопопередження);
- системою противибухового захисту (вибухозахист);
- системою організаційних заходів.

Противибуховий захист – комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів вибуху. Іншими словами **вибухозахист** – це заходи, що забезпечують захист обслуговуючого персоналу, технологічного устаткування, а також будівель і споруд від небезпечних і шкідливих дій вибуху, основними з яких є:

- максимальний надмірний тиск ΔP_{ϕ} ;
- зруйновані конструкції будівель, устаткування, комунікацій і їх частини, що розлітаються;
- небезпечні чинники пожежі (відкритий вогонь і іскри, токсичні продукти горіння, дим і т.д.).

До *будівельних заходів* щодо вибухопопередження і вибухозахисту відносяться:

- раціональне планування території підприємства;
- розташування на ній технологічних установок, будівель і споруд, що забезпечує ефективне провітрювання і що виключає утворення зон можливого скупчення вибухонебезпечної пари і газів;
- розміщення будівель адміністративного, господарчо-побутового призначення поза зоною небезпечної інтенсивності дії вибухової хвилі;
- раціональне взаємне розміщення технологічних установок і виробничих будівель з урахуванням дії на них вибухової хвилі, що виключає можливість послідовного розвитку аварії;
- влаштування захищених пунктів управління технологічними процесами у вибухонебезпечних будівлях (операторні);
- використання запобіжних (легкоскидних) конструкцій (стекол глухого скління, стулок віконних палітурок, дверей, воріт, легкоскидних стінних панелей і покриттів, що відкриваються назовні);
- обмеження розливу рідини при можливих аваріях (пристрій обвалування, піддонів і т.д.);
- обґрунтований вибір матеріалів і влаштування поверхонь (твердих покриттів), що знижують швидкість тепловіддачі, кількість рідини, що випарувалася, і пр.;
- розміщення технологічного устаткування на відкритих етажерках і майданчиках і т.д.

Вибухотривкість – граничний тиск у фронті вибухової хвилі, який можуть сприйняти конструкції будівлі без втрати ними несучих здібності або придатності до подальшої експлуатації.

Особливості вибухозахисту при загрозі зовнішніх вибухів

При проектуванні та розрахунках будівельних конструкцій треба мати на увазі особливості їх поведінки при впливі навантажень, що виникають при вибухах. Під впливом ударної хвилі будівлі і споруди поведуться як пружні коливальні системи. Розрахункова оцінка такої дії вимагає рішення досить складних динамічних задач, пов'язаних з описом поведінки пружних конструктивних елементів будівель і споруд під впливом ударних навантажень, визначуваних такими, що змінюються в часі і просторі параметрами ударної

хвилі. Виникаючі в конструктивних елементах навантаження залежать від параметрів хвилі, характеристик об'єкту, його розмірів і орієнтації щодо фронту хвилі.

Особливостями дії вибуху на будівельні конструкції є поєднання постійних та тимчасових навантажень з потужними короткочасними динамічними навантаженнями вибухових впливів з вільною орієнтацією. Об'єкти, які з великою вірогідністю можуть опинитися під впливом вибухів, слід розраховувати на особливі поєднання навантажень. Але в будь-якому випадку треба підтверджувати розрахунками умову перевищення навантажень від вибуху над природними навантаженнями.

Конструкції, вузли і фундаменти будівель слід розраховувати тільки на основне поєднання навантажень, тобто без урахування дії вибуху при виконанні умови:

$$\Delta P_{\phi} < 2,5 \cdot W_0 \quad (12.2)$$

де ΔP_{ϕ} – надмірний тиск у фронті повітряної хвилі, що проходить, у фазі стиснення, визначуваний по відповідних методиках;

W_0 – нормативне значення вітрового тиску.

На дію короткочасних динамічних навантажень будівельні конструкції розраховують по двом групам граничних станів:

I – на відсутність руйнувань або відсутність пластичних деформацій конструкції;

II – на відсутність надмірного розкриття тріщин або відсутність надмірного переміщення.

Руйнування конструкцій при вибухових впливах відбувається при перевищенні їх межі міцності розрахунковими навантаженнями або при зміщенні конструкцій на опорах. Дію ударної хвилі можна розглядати як рівномірно розподілене динамічне навантаження.

Руйнування згинальних конструкцій при дії вертикальної ударної хвилі відбувається, як і у випадку впливу пожежі, внаслідок утворення шарнірів пластичності.

Балка з шарнірно-обпертими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення в середині прольоту *шарніра пластичності* (рис 12.4, а).

Балка з защемленими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення спочатку двох шарнірів пластичності на опорах, а потім – шарніра пластичності в середині прольоту (рис 12.4, б).

Балка з одним защемленим кінцем і другим шарнірно-обпертим кінцем під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення спочатку одного шарніру пластичності на опорі, а потім – шарніру пластичності в середині прольоту.

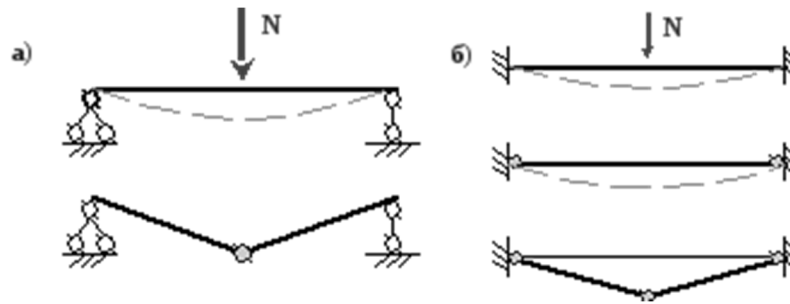


Рисунок 12.4 – Схема утворення пластичних шарнірів при впливі вибуху на згинальні конструкції:

- а) балка з шарнірно-обпертими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення в середині прольоту шарніра пластичності
- б) Балка з защемленими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення спочатку двох шарнірів пластичності на опорах, а потім – шарніра пластичності в середині прольоту

При дії на споруду вертикально направленої вибухової навантаження виникає зміщення опор перекриттів. Це зміщення може бути викликане деформаціями колон або стін, зміщенням опорних конструкцій та усієї споруди у цілому. В залежності від співвідношення поздовжнього та поперечного навантаження можливі два випадки руйнування залізобетонних колон:

- руйнування починається з досягнення межі текучості в розтягнутій арматурі з розвитком пластичних деформацій та з подрібнення бетону стиснутої зони;

- руйнування внаслідок подрібнення бетону при частково розтягнутому перерізі, але при відсутності пластичних деформацій в розтягнутій арматурі.

Особливі умови проєктування передбачені до будівель управління виробництвом вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних підприємств, в яких передбачено постійне перебування технічного персоналу. Існуючі будівлі управління виробництвом не витримують навантажень від аварійних вибухів газоповітряних паливних сумішей (ПС). При традиційних конструктивних рішеннях ці будівлі довелося б розташовувати від джерела вибуху на відстанях більше кілометра, що економічно недоцільно і практично неможливо.

У вибухотривких будівлях повинна бути виключена можливість руйнування основних несучих і захищаючих конструкцій. Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність, стійкість.

Забезпечення вибухотривкості при зовнішніх аварійних вибухах ПС може здійснюватися по двох напрямках:

- зниженням надмірного тиску P_{ϕ} , за рахунок віддалення будівель операторних від потенційних джерел вибуху ПС;
- підвищенням міцності і стійкості конструкцій до дії динамічних навантажень від повітряної хвилі вибуху ПС.

Вибухотривкі будівлі на територіях підприємств слід розташовувати:

- на відстанях від сусідніх будівель і споруд, що перевищують половину висоти більшого з них, але не менше визначуваних відстаней;
- на відмітках землі, вищих по відношенню до виробничих будівель, споруд і автомобільних залізниць, що проходять по території підприємства;
- торцевим фасадом до можливого джерела вибуху;
- з урахуванням рози вітрів і рельєфу місцевості.

У приміщеннях вибухотривких будівель слід передбачати системи вентиляції, опалювання, зв'язку, водопостачання, електропостачання і каналізації. Прокладка транзитних ліній водопроводу, каналізації, опалювання, електропостачання, а також трубопроводів стислого повітря, газопроводів і трубопроводів з перегрітою водою через вибухотривкі будівлі не допускається.

Систему вентиляції слід проєктувати на два режими: чистої вентиляції (режим I) і фільтровентиляції (режим II).

При дії розрахункових навантажень, що перевищують 400 кПа, каналізаційні стояки повинні бути поміщені в сталеві труби або залізобетонні короби, надійно закладені в конструкції підлоги.

Об'ємно-планувальні рішення вибухотривких будівель

Вибухотривкі будівлі слід проєктувати одноповерховими, невеликого розміру, простої форми в плані, без перепаду висот суміжних ділянок, з організованим зовнішнім водостоком. Фасади вибухотривких будівель повинні бути простими – без виступаючих частин, виїмок і ніш, а зовнішні стіни – обтічними і гладкими, тобто без архітектурних деталей, парпетних плит, козирків, технологічного устаткування на покритті і т.п.

Висоту приміщень слід приймати мінімально можливої, але не менше 2,4 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій, устаткування і будівельних конструкцій в місцях регулярного проходу людей і на шляхах евакуації – не менше 2,2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей – не менше 2,0 м.

Входи і віконні отвори слід розташовувати на бічних і задньому по відношенню до можливого напрямку розповсюдження вибухової хвилі фасадах вибухотривких будівель. Кількість входів в будівлю операторної повинна бути, як правило, не менш 2-х.

Для входів в будівлю операторної слід влаштовувати тамбури, обладнані зовнішніми захисно-герметичними дверима, що сприймають розрахункові навантаження, і внутрішніми герметичними дверима. Двері тамбура повинні відкриватися назовні.

Фільтровентиляційні приміщення (ФВП) повинні примикати до зовнішніх стін будівлі операторної і розміщуватися поблизу входів в будівлю.

Конструктивні рішення вибухотривких будівель

Вибухотривкі будівлі операторних проєктуються каркасними з повним або неповним каркасом і безкаркасними, зокрема з монолітного залізобетону.

Зовнішні захисні стінові конструкції можуть виконуватися із збірних

панелей, монолітного залізобетону з утеплювачем, тришарових панелей з посиленим шаром залізобетону, ребристих плит з шаром утеплювача між ребрами, наприклад, легкого бетону і т.д. Для каркасних будівель операторних слід застосовувати збірно-монолітні покриття, що складаються із збірних залізобетонних плит і монолітних ділянок.

Як кроквяні конструкції застосовуються залізобетонні балки, сталеві балки зварні або з прокатних профілів.

Установка колон по координатійних осях з кроком 2 м дозволяє збільшити несучу здатність типових стінних панелей більш ніж в 15 разів.

У покритті вибухотривких будівель слід використовувати залізобетонні балки встановлювані з кроком, що дозволяє сприймати задані навантаження. Якщо типові збірні балки запроектовані на навантаження 10 кН/м^2 і крок 12 м, то установка цих балок через 1,5 м дозволить збільшити їх несучу здатність в 10 разів (з урахуванням динамічних опорів бетону і арматури).

Незмінність каркасів вибухотривких будівель по поперечних координатійних осях забезпечується жорсткістю стін, колон і затисканням колон у фундаменти, а по подовжніх осях, крім того, вертикальними сталевими зв'язками.

Збірно-монолітні конструкції покриття слід проектувати нерозрізними з установкою надопорної арматури в шарах з монолітного залізобетону.

Обрамлення входних і монтажних отворів рекомендується проектувати із сталевих профілів і кріпити до стін за допомогою анкерів.

Приміщення вибухотривких будівель повинні бути герметичними, якщо при аварійній ситуації можливо задимлення або загазованість будівель небезпечними для життєдіяльності персоналу речовинами.

Особливості вибухозахисту при загрозі внутрішніх вибухів

Надмірний тиск при внутрішньому дефлаграционном вибуху в замкнутому об'ємі досягає 700...900 кПа. При вибухах усередині будівель і споруд, надмірний тиск не повинен перевищувати значень, що перевищують несучу здатність будівельних конструкцій. Максимальний тиск, який здатні витримати будівлі з цегляними стінами складає 2...4 кПа, а будівлі з залізобетонними типовими стінами та перекриттями – 8...10 кПа.

Основною причиною виникнення вибухонебезпечної ситуації в житлових будинках є витік газу. Вибухонебезпечна концентрації на кухні може реалізуватися при одній не засвіченій газовій конфорці. При цьому час формування вибухонебезпечної хмари достатньо великий і складає, залежно від часу початку витіку, від 10 до 25 годин. Наявність постійної (навіть незначної) вентиляції істотно підвищує рівень вибухобезпечності, оскільки різко знижує здатність формування вибухонебезпечних хмар в житлових приміщеннях. Таким чином, вірогідність вибуху значно зростає при погіршенні якості вентиляції.

Двохстадійний аварійний дефлаграционний вибух

Газопароповітряні суміші здібні до горіння тільки при певній концентрації горючої компоненти в повітрі, тому аварійні вибухи в житлових

будівлях часто носять багатостадійний характер. Вибухові виляски (хлопки) можуть слідувати один за іншим, тобто бути рознесеними в часі на декілька секунд.

До особливостей дефлаграційних вибухів усередині приміщень слід віднести формування могутніх повітряних потоків в міжквартирних і міжкімнатних проходах, коридорах і т.д. Саме *швидкісний натиск* цих потоків (а не ударні хвилі) приводить до викиду фрагментів будівельних конструкцій і предметів з аварійної квартири.

Руйнування конструкцій може відбуватися і під дією надмірного тиску, але подальший їх викид відбувається під дією швидкісного натиску.

Якщо у момент початкового вибуху на кухні двері в коридор квартири закриті, то реалізується «виляск» і подальша незначна пожежа на кухні.

Якщо двері на кухні у момент першого «виляску» відкриті, то суміш через дверний отвір спрямовується в сусідні кімнати, турбулізується і збагачується киснем (рис. 12.5). В результаті формується добре підготовлена до горіння вибухонебезпечна хмара, яка через незначний проміжок часу (через 10-15 секунд) вибухає, що приводить до вторинного вибуху, який заподіює основні руйнування будівлі.

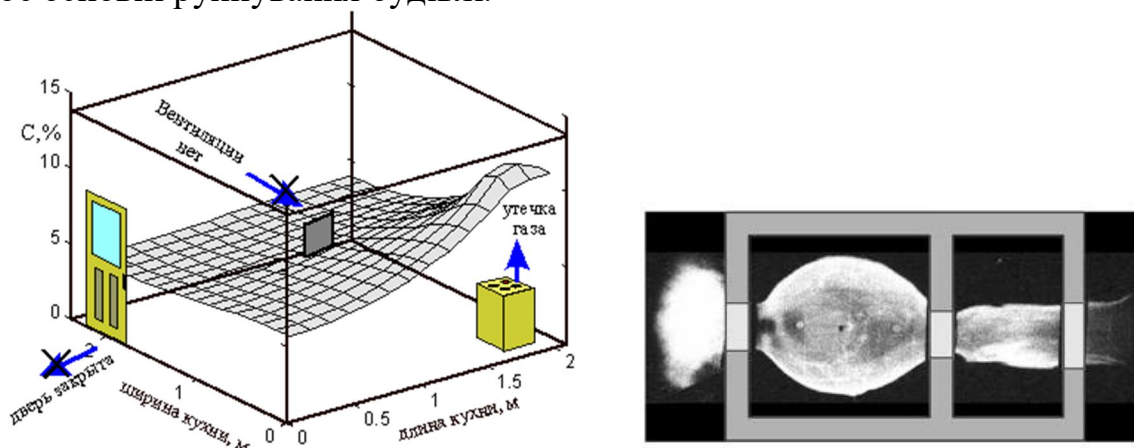


Рисунок 12.5 – Схема вибуху газоповітряної суміші всередині приміщення

Причинами значних руйнувань житлових будівель при аварійних вибухах газопароповітряної суміші можуть бути:

- мала несуча здатність будівель щодо горизонтальних навантажень;
- установка в приміщеннях з газовими приладами посилених варіантів скління.

Вищою несучою здатністю щодо подібних вибухів володіють панельні будівлі та будівлі каркасного типу особливо небезпечно, коли газопароповітряна хмара формується у замкненому просторі, наприклад, у підвальних приміщеннях.

Забезпечення вибухозахисту промислових будівель при внутрішніх аварійних вибухах може здійснюватися по двох напрямках:

- зниженням надмірного тиску, що виникає при внутрішньому

аварійному вибуху;

– підвищенням міцності і стійкості конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.

Поєднання обох вказаних напрямів є необхідною умовою розробки оптимальних рішень по забезпеченню вибухотривкості будівель при внутрішніх аварійних вибухах.

Для зниження надмірного тиску, що виникає при внутрішніх аварійних вибухах, використовуються **запобіжні (легкоскидні) конструкції (ЗК)**: стекла глухого скління приміщень і віконних палітурок (руйнівні ЗК), що відкриваються всередину стулок, стулки віконних палітурок, дверей і коміра (обертові ЗК), що відкриваються назовні, а також легкоскидні стінні панелі і полегшені плити покриттів приміщень (зміщувані ЗК). Стінні панелі можуть бути запроєктовані як обертові ЗК.

Запобіжні конструкції встановлюються в приміщеннях будівель або пожежних відсіків категорій А і Б.

За допомогою ЗК надмірний тиск в приміщенні при аварійному вибуху знижується до допустимої величини ($P_{дон}$). При проєктуванні будівель вибухонебезпечних виробництв надмірний тиск приймають, як правило, від 3 до 5 кПа. Нижнє значення надмірного тиску відповідає будівлям, конструкції яких не розраховані на дію аварійного вибуху. При зменшенні $P_{дон}$ площа запобіжних конструкцій збільшується.

Якщо необхідна площа отворів перекривних ЗК не може бути розміщена в стінах будівлі і ліхтарях, то їх слід розташовувати в покритті вибухонебезпечного приміщення; при цьому легкоскидні покриття можуть бути достатньо ефективними тільки при порівняно великому значенні надмірного тиску вибуху.

У будівлях і приміщеннях вибухонебезпечних виробництв повинна бути виключена можливість руйнування основних несучих і захищаючих конструкцій при розрахунковій величині вибухових навантажень. Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність і стійкість, а також експлуатаційні характеристики, і що вимагають незначних матеріальних витрат на ліквідацію цих пошкоджень.

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення.

Форма вибухонебезпечних приміщень повинна бути по можливості простою. Елементи несучих, захищаючих і огорожувальних конструкцій, а також устаткування не повинні приводити до значної інтенсифікації вибухового горіння ГС унаслідок звуження перетинів приміщень на шляху розповсюдження полум'я.

При розробці об'ємно-планувальних рішень вибухонебезпечних приміщень необхідно прагнути до того, щоб лінійні розміри їх по довжині, ширині і висоті не більше ніж в п'ять разів відрізнялися один від одного.

Запобіжні конструкції слід розміщувати якомога ближче до очікуваних місць займання горючої суміші (ГС), що утворюється в аварійних ситуаціях у вибухонебезпечному приміщенні.

За відсутності даних про місця можливого займання ГС в приміщеннях,

лінійні розміри яких по довжині, ширині і висоті не більше ніж в три рази відрізняються один від одного, ЗК слід розміщувати рівномірно за площею стін приміщення, а при необхідності і в його покритті.

У сильно витягнутих в довжину приміщеннях ЗК розташовують, як правило, в бічних стінах по довжині приміщення, а також в його покритті. У приміщеннях, що мають велику висоту (більше 6 м), ЗК розміщують переважно в їх стінах.

У отворах, що відокремлюють вибухонебезпечні приміщення від інших виробничих приміщень, слід встановлювати двері, люки, ворота і т.д., які не повинні руйнуватися або відкриватися під дією надмірного тиску. За наявності відкритого отвору в стіні між двома приміщеннями обидва приміщення повинні вважатися вибухонебезпечними навіть в тому випадку, якщо виникнення або займання ГС можливі тільки в одному приміщенні.

В приміщеннях, де можуть утворюватися вибухонебезпечні пальні суміші, поверхня стін, стель і підлог повинна бути гладкою, без борозен, без виступаючих елементів і ніш. Кути і пази між підлогами і стінами повинні бути згладжені і закруглені.

У одноповерхових виробничих будівлях вибухонебезпечних виробництв слід приймати найменшу сітку колон, що задовольняє технологічним вимогам.

Багатоповерхові виробничі будівлі в обох напрямках координатних осей проєктуються переважно у вигляді рамних або рамно-зв'язкових систем. Зв'язкові каркаси застосовувати для вибухонебезпечних будівель не рекомендується.

Стики з'єднань елементів рекомендується виконувати жорсткими для створення ефективніших статично невизначних систем і забезпечення просторової жорсткості будівель.

Віконне скління приміщень можуть працювати достатньо ефективно як ЗК тільки в тому випадку, якщо час утворення отворів у віконних палітурках при руйнуванні стекол буде набагато менше тривалості горіння ГС. Одним з прийомів, що забезпечує розтин стекол, зокрема різних розмірів, є їх надрізка або ослаблене кріплення скла.

При дефлаграційному горінні ГС навантаження, що діє на стекла, може бути прийнята рівній надмірному тиску P_{ϕ} , що виникає в приміщенні, помноженому на коефіцієнт, рівний 1,2.

Руйнівними ЗК в світлоаераційних і аераційних ліхтарях використовуються стекла глухого скління і що відкриваються всередину стулок і фрамуг віконних палітурок, а обертовими ЗК – стулки, що відкриваються назовні, і фрамуги віконних палітурок.

12.3 Розрахунок параметрів вибуху

Для ухвалення рішень по захисту від дії повітряної ударної хвилі (ПУХ) вибуху на будівлі, споруди, техніку або на людей, а також для вироблення заходів вибухобезпечності необхідні дані, що характеризують вибухи. Найбільш достовірні відомості про вибух можна одержати шляхом проведення експерименту. Проте, такий підхід не завжди застосовний. Тому найбільш

поширені розрахункові методи, що дозволяють визначати значення параметрів, що характеризують вибухи. В ході розрахунків використовуються наступні показники:

- вигляд і кількість вибухової речовини (ВР);
- умови вибуху;
- відстань від місця вибуху до місця оцінки його наслідків;
- параметри ударної хвилі;
- ступінь пошкодження (руйнування) будівель, споруд, техніки або ступінь ураження людей.

Для проведення розрахунків розроблено і представлено значну кількість функціональних залежностей, які зв'язують між собою ці показники. Конкретний вид розрахункових співвідношень, що виражають ці функціональні залежності, визначається умовами вибуху, до яких відносяться:

1) тип ВР:

- конденсовані ВР;
- газоповітряні суміші;
- пилоповітряні суміші і ін.;

2) місце вибуху:

- повітряний;
- наземний;
- заглиблений вибух;

3) наявність перешкод, що відбивають ударну хвилю і інші умови.

При оцінюванні ступеня впливу вибуху на будівельні конструкції та людей до небезпечних параметрів вибуху відносять:

- температуру;
- тиск;
- швидкість нарощування тиску;
- швидкість розповсюдження горіння;
- час (протяжність) вибуху (який складає, звичайно, 0,05...0,6 секунди).

Енергія вибуху приводить до стиснення продуктів вибуху і навколишнього середовища, різкої зміни тиску. Витрати тепла під час цього дуже незначні. Практично 90 % тепла іде на нагрів продуктів горіння. Температура продуктів горіння при вибуху визначається:

$$T_v = 0,9 T_p, \quad (12.3)$$

де T_p теоретична (розрахункова) температура продуктів горіння, К.

Кількість вибухової речовини або її масу C при проведенні розрахунків виражають через *тротиловий еквівалент* M_T . **Тротиловий еквівалент** є масою тротилу, при вибуху якої виділяється стільки ж енергії, скільки виділиться при вибуху заданої кількості конкретного ВР. Значення тротилового еквівалента визначається по співвідношенню:

$$M_T = K_{ef} C, \quad (12.4)$$

де C – маса вибухової речовини;

K_{ef} – коефіцієнт приведення вибухової речовини до тротилу.

Вираз (12.4) складений для вибуху, при якому ударна хвиля розповсюджується у вигляді сфери. Коли вибух відбувається на деякій поверхні, ударна хвиля розповсюджується в повітрі у вигляді півсфери. Для вибухів на абсолютно твердій поверхні вся енергія, що виділилася при вибуху, розповсюджується в межах півсфери і, отже, значення маси вибухаючої речовини як би подвоюється. Для вибуху на не абсолютно твердій поверхні, наприклад, на ґрунті, частина енергії витрачається на утворення воронки. Облік цієї витрати виконується за допомогою коефіцієнта η (наприклад, для ґрунту $\eta = 0,6$; для бетону $\eta = 0,95$). M_T в загальному випадку визначається по формулі:

$$M_T = 2\eta K_{ef} C. \quad (12.5)$$

За законом подібності кубічного кореня значення параметрів ударної хвилі для вибуху деякої потужності можна перерахувати для вибухів інших потужностей, користуючись виразами закону подібності:

$$r_2 = r_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}}, \quad \tau_2 = \tau_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}}, \quad (12.6)$$

де r_2, r_1 – відстані від центрів двох вибухів до деяких точок 1 і 2, в яких параметри ударної хвилі цих вибухів рівні між собою;

τ_2, τ_1 – час з моменту вибуху до приходу ударної хвилі в ці точки;

M_{T2}, M_{T1} – відповідні тротилові еквіваленти зарядів.

Ґрунтуючись на цих залежностях, отримують приведений радіус вибуху R_{np} , яким зручно користуватися в різних розрахункових співвідношеннях для визначення параметрів ударної хвилі вибуху.

$$r_2 / \sqrt[3]{M_{T2}} = r_1 / \sqrt[3]{M_{T1}} = r / \sqrt[3]{M_T} = R_{np} \quad (12.7)$$

Різниця між вибухами конденсованих ВР і ГПС обумовлює особливості їх впливу на будівельні конструкції та особливості відповідних розрахунків.

12.3.1 Розрахунок параметрів вибуху при підриві заряду конденсованої вибухової речовини

При підриві заряду конденсованої ВР утворюється *осередок вибуху*, ударні хвилі якого здатні викликати великі руйнування на будівельних об'єктах. В залежності від місця підриву ВР розрізняють повітряний, наземний або заглиблений вибух.

Таким чином, при розрахунках для оцінювання пошкоджень треба розглянути впливи на будівлі та споруди від:

- 1) продуктів вибуху та розльоту осколків;
- 2) впливу ударної хвилі;
- 3) сейсмічного ефекту вибуху.

1 Вплив продуктів вибуху та розльоту осколків

При підриві заряду ВР на поверхні землі максимальний радіус розльоту осколків r_{\max} , м, визначають за формулою:

$$r_{\max} = 238 \sqrt[3]{C}, \quad (12.8)$$

де C – загальна маса заряду ВР, кг, яку визначають за формулою:

$$C = C_1 K_{\text{еф}} + C_2, \quad (12.9)$$

де C_1 – маса діючого заряду ВР, кг;

$K_{\text{еф}}$ – коефіцієнт ефективності ВР в порівнянні із зарядом тротилу тієї ж маси (див. додаток 37);

C_2 – маса зовнішнього контактного заряду тротилу для підриву діючого заряду ВР, кг.

2 Вплив ударних хвиль при вибуху

Надлишковий тиск ΔP_{ϕ} для сферичної повітряної ударної хвилі, що вільно розповсюджується, убиває у міру видалення від місця вибуху. Тому розрахунок його значень звичайно проводиться на підставі співвідношень, в яких тиск є функцією двох аргументів – маси ВР і відстані від місця вибуху.

Швидкість спаду значення ΔP_{ϕ} у міру видалення від місця вибуху змінюється за рахунок впливу на ударну хвилю середовища, в якому вона розповсюджується. Чим більше відстань від місця вибуху, тим сильніше спотворюється характер зміни тиску у фронті ударної хвилі.

З викладених причин в технічній літературі представлений достатньо широкий спектр розрахункових співвідношень для визначення значень ΔP_{ϕ} , кожне з яких має свою сферу застосування і призначення. Наприклад, для повітряного вибуху, для наземного вибуху, для малих відстаней від місця вибуху, для значних відстаней від місця вибуху, для невеликих зарядів ВР, для крупних зарядів ВР і т.д.

Вплив ударних хвиль на конструкції та споруди розрізняється при вибуху у повітрі та при вибуху на поверхні землі.

Ударні хвилі при вибуху у повітрі

Закони зміни тиску в повітряній ударній хвилі в часі не залежать від виду вибухової речовини. Головна особливість цієї хвилі – різке зростання тиску в її фронті, що рухається, від P_o (вихідний атмосферний тиск) до максимального значення $P_o + \Delta P_{\phi}$ і потім падіння до атмосферного тиску P_o . Час τ_+ , протягом якого тиск падає з $P_o + \Delta P_{\phi}$ до P_o , визначає тривалість фази стиску (рис. 12.3).

Фаза стиску змінюється фазою розрідження, у якій тиск виявляється нижче атмосферного. Механічна дія ударної хвилі на спорудження в більшості випадків визначається тиском у фазі стиску, оскільки воно звичайно перевищує тиск у фазі розрідження. При визначенні навантажень, що виникають при дії ударної хвилі на перешкоду, необхідно враховувати умови її взаємодії з перешкодою (відбиття, обтікання, затікання).

Основні параметри повітряної ударної хвилі при поширенні в повітрі від центра вибуху (минаюча хвиля) визначають по емпіричних формулах.

При повітряному вибуху тротилового заряду:

– надлишковий тиск на фронті ударної хвилі (МПа):

$$\Delta P_{\phi} = 0,084 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 0,7 \frac{C}{r^3} \quad (12.10)$$

де C – маса тротилового заряду, кг;

r – відстань від центра вибуху до перешкоди, м.

Враховуючи (12.7) формулу (12.10) можна записати у вигляді формули Садовського:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{84}{R_{np}} + \frac{270}{R_{np}^2} + \frac{700}{R_{np}^3} \quad (12.11)$$

При необхідності можна вирішувати зворотну задачу, тобто визначати відстань від місця вибуху по заданому значенню ΔP_{ϕ} , користуючись співвідношенням:

$$R_{np} = \sqrt[3]{\left[1 + \frac{337}{\Delta P_{\phi}}\right]^2 - 1} \quad (12.12)$$

– тривалість фази стиску (с):

$$\tau_{+} = 1,5 \cdot 10^{-3} \sqrt[3]{C} \sqrt{r} \quad (12.13)$$

– імпульс тиску у фазі стиску, віднесений до поверхні фронту хвилі площею 1 м²;

$$i = 4 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \text{ (МПа} \cdot \text{с)}. \quad (12.14)$$

Ударні хвилі при наземному вибуху

При вибуху заряду у ґрунті виникає подрібнення ґрунту і руйнування його структури з утворенням воронки. За межами воронки вибухові хвилі

розповсюджуються у вигляді ударних хвиль або хвиль стиснення. Також виникають хвилі у ґрунті внаслідок розповсюдження над поверхнею повітряної ударної хвилі.

При наземному вибуху тротилового заряду, враховуючи те, що ударна хвиля розповсюджується в повітрі у вигляді півсфери, надлишковий тиск на фронті ударної хвилі, тривалість фази стиску, імпульс тиску у фазі стиску розраховують по формулам:

$$\Delta P_{\phi} = 0,1 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,43 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 1,4 \frac{C}{r^3} \quad (\text{МПа}), \quad (12.15)$$

$$\tau_{+} = 1,7 \cdot 10^{-3} \sqrt[6]{C} \sqrt{r} \quad (\text{с}), \quad (12.16)$$

$$i = 6,3 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \quad (\text{МПа} \cdot \text{с}). \quad (12.17)$$

Радіус руйнуючої дії повітряної ударної хвилі r_{yx} визначають за формулою:

$$r_{yx} = a \sqrt{C}, \quad (12.18)$$

де C – маса заряду, що підривається, у тротиловому еквіваленті, кг;

a – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов вибуху та інтенсивності руйнувань.

Коефіцієнт a для деяких випадків також можна визначити за формулами, наприклад, при пошкодженні стіни товщиною b , м:

- при виникненні тріщин у цегляних стінах: $a = \frac{0,6}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у цегляних стінах: $a = \frac{0,4}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у бетонних стінах: $a = \frac{0,25}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у залізобетонних стінах: $a = \frac{0,2}{\sqrt{b}}.$

12.4 Розрахунок площі легкоскидних конструкцій

В приміщеннях категорії А і Б слід передбачати зовнішні легкоскидні огорожуючі конструкції (ЛСК). Площа ЛСК визначається розрахунком.

Зниження тиску під час вибуху досягається за рахунок випуску продуктів вибуху та вибухонебезпечної суміші, яка не вступила в реакцію, через отвори, які звільнили ЛСК, що відкрилися або зруйнувалися.

Площа ЛСК, відповідно визначається розрахунком.

При цьому приймаються припущення:

- вибухонебезпечна суміш розподілена по всьому об'єму приміщення або його частини;
- концентрація суміші близька до стехіометричної;
- горіння суміші розповсюджується по сфері;
- ЛСК руйнуються миттєво при досягненні в приміщенні допустимого надмірного тиску ΔP_d ;
- процес витікання газів через отвори розглядається як адіабатичний.

Прийняті допущення добре сходяться з експериментальними даними.

Якщо відсутні розрахункові дані, площа ЛСК приймається не менше $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 об'єму приміщення категорії А і не менше $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 об'єму приміщення категорії Б.

Загальна методика розрахунку площі легкоскидних конструкцій

1 Загальна площа отворів ЛСК

Загальна площа отворів ЛСК, які відчиняються, $F_{ВП}$ визначається за формулою:

$$F_{ВП} = f_{ВП} V_{П}, \quad (12.19)$$

де $f_{ВП}$ – питома площа перерізу ЛСК, $\text{м}^2/\text{м}^3$;

$V_{П}$ – об'єм приміщення, м^3 .

2 Питома площа перерізу ЛСК

Питома площа перерізу ЛСК визначається із рівняння нерозривності:

$$f_{ВП} = \frac{\Delta V_B}{v_B \tau_B}, \quad (12.20)$$

де ΔV_B – надмірний об'єм продуктів горіння, які утворилися під час вибуху, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

v_B – швидкість витікання продуктів горіння, $\text{м}/\text{с}$;

τ_B – час вибуху, с .

Для визначення площі вибухових прорізів у приміщеннях з неповною загазованістю $f_{ВП}^{nn}$ розглянемо два випадки. Неповна загазованість по висоті приміщення і неповна загазованість по площі приміщення. У першому випадку приймається рівномірний розподіл вибухонебезпечної суміші по всій площі підлоги на частину висоти приміщення, а в другому випадку приймається рівномірна загазованість по усій висоті приміщення, але на обмеженій площі.

Відношення питомої площі вибухових прорізів за неповної загазованості $f_{ВП}^{nn}$ до питомої площі вибухових прорізів за повної загазованості $f_{ВП}^n$. Враховуючи, що допустимий тиск на конструкції $P_{дон}$ за неповної і повної загазованості однаковий, а також, що $\Delta V_B^{nn} = \Delta V_B^n$, одержимо для першого випадку загазованості:

$$\frac{f_{en}^{nn}}{f_{en}^n} = \frac{\Delta V_{\epsilon}^{nn} \tau_{\epsilon}^n \nu^n}{\tau_{\epsilon}^{nn} \nu^{nn} \Delta V_{\epsilon}^n} = \frac{\tau_{\epsilon}^n}{\tau_{\epsilon}^{nn}} = \sqrt[3]{\frac{V^n}{V^{nn}}}, \quad (12.21)$$

звідки

$$f_{en}^{nn} = f_{en}^n \sqrt[3]{\frac{V^n}{V^{nn}}}, \quad (12.22)$$

де індекси nn і n позначають відповідно неповну і повну загазованість.

Для другого випадку загазованості питому площу вибухових отворів визначають як для випадку повної загазованості приміщень, однак загальну площу вибухових отворів визначають у залежності від об'єму вибухонебезпечних ділянок.

ТЕМА 13 ВПЛИВ ПРОСІДАЮЧИХ ГРУНТІВ, ПІДРОБЛЮВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА РАЙОНІВ З КЛІМАТИЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ НА РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

13.1 Вплив просідаючих ґрунтів на руйнування будівель та споруд

13.2 Вплив підроблюваних територій на руйнування будівель та споруд

13.3 Вплив районів з кліматичними особливостями на руйнування будівель та споруд

13.1 Вплив просідаючих ґрунтів на руйнування будівель та споруд

Просідаючі ґрунти знаходячись у напруженому стані від зовнішнього навантаження будівлі та власної ваги, при замочуванні зазнають додаткової деформації, обумовленої корінною зміною структури ґрунту. Просідання ґрунту призводить до утворення тріщин, порушення з'єднань елементів конструкцій. Просідаючі ґрунти, до яких відносяться суглинки, списі, лесові та глинисті ґрунти, складають до 85 % території України.

При проектуванні та будівництві споруд на просідаючих ґрунтах користуються документом ДБН В. 1.15-00. Частина 2, за яким застосовують такі *основні спеціальні заходи*:

1. Усунення просідання ґрунту
2. Спирання фундаментів на непросідаючі ґрунти
3. Захист основ фундаментів від замочування
4. Вибір конструктивної схеми будівлі.
5. Вибір ОНР

Усунення просідання ґрунту за допомогою:

- ущільнення (трамбуванням);
- укріплення (шляхом цементзації, силікатизації або бітумізації);
- попереднього замочування основи.

Спирання фундаментів на непросідаючі ґрунти (шляхом застосування пальових та стовбурних фундаментів).

Захист основ фундаментів від замочування за допомогою:

- водонепроникного вимощення навколо будинків (не менше 1 м), яке має бути на 0.3 м ширше пазах, що засипаються. Засипання пазах і траншей не допускається робити з дренажних матеріалів (піску, будівельного сміття...);
- водонепроникного екрану з ущільненого глинистого ґрунту на рівні підшви фундаменту або як підготовки під підлоги;
- безпечного розташування мереж водопостачання та каналізації.

Вибір конструктивної схеми будівлі при будівництві на просідаючих ґрунтах.

Конструктивні заходи у схемах будівель:

- застосування конструктивної схеми будівлі з підвищеною жорсткістю з'єднання елементів, яка не припускає їх взаємних переміщень (великопанельний жорсткий каркас, рами з жорсткими вузлами);
- застосування конструктивної схеми з шарнірним з'єднанням елементів, взаємне переміщення яких практично не порушує експлуатаційної придатності

будівлі. При цьому треба враховувати можливе відхилення несучих конструкцій від вертикалі та горизонталі при осіданнях, а також передбачити можливі деформації в інженерних комунікаціях.

- улаштування неперервних поясів по периметру капітальних стін кожного блока;

- застосування тільки розрізних підкранових балок у промислових будівлях.

Вибір об'ємно-планувального рішення при будівництві на просідаючих ґрунтах полягає у застосування найпростіших у плані конфігурацій будівель з улаштуванням осадових швів, які поділяють будівлю на блоки.

13.2 Вплив підроблюваних територій на руйнування будівель та споруд

Підроблювані території території, де під земною поверхнею ведуться розробки корисних копалин (кам'яне вугілля, сіль, руди...). В таких районах виникають осідання і горизонтальні зсуви земної поверхні, від чого відбуваються деформації будівель і споруд (тріщини, руйнування...).

Та площа земної поверхні, яка зазнає зсувів (осідання та горизонтальне зміщення під впливом підземних гірничих розробок), називається *мульда зсуву*.

Архітектурно-планувальні заходи та вибір об'ємно-планувального рішення:

- раціональна орієнтація кварталів та ділянок забудов. Будинки треба розташовувати під прямим кутом у плані до напрямку розповсюдження мульди зсуву;

- застосування найпростіших у плані конфігурацій будівель з улаштуванням деформаційних швів, які поділяють будівлю на блоки.

Вибір конструктивного рішення будівлі.

а) застосування конструктивної схеми будівлі з підвищеною жорсткістю з'єднання елементів, яка не припускає їх взаємних переміщень (великопанельний жорсткий каркас, рами з жорсткими вузлами). При виникненні мульди зсуву будівля (блок) осідає як єдине просторове ціле;

б) застосування конструктивної схеми з шарнірно-зв'язковим з'єднанням елементів, взаємне переміщення яких практично не порушує експлуатаційної придатності будівлі. При цьому треба враховувати можливе відхилення несучих конструкцій від вертикалі та горизонталі при осіданнях, а також передбачити можливі деформації в інженерних комунікаціях.

Проекти будинків і споруд, що зводяться на підроблюваних територіях, слід розробляти на основі гірничо-геологічних обґрунтування, яке повинно містити:

- геологічні та гідрогеологічні дані про підробляється товщі;
- плани гірничих робіт із зазначенням перспективи розробок корисних копалин;
- відомості про системи розробки корисних копалин;
- дані про очікувані (ймовірних) значення деформацій земної поверхні;
- перелік намічених будівельних і гірських заходів захисту;

- дозвіл на будівництво

13.3 Вплив районів з кліматичними особливостями на руйнування будівель та споруд

До районів з кліматичними особливостями відносяться:

- райони з жарким сухим кліматом;
- райони крайньої півночі (вічної мерзлоти);
- райони з тропічним кліматом.

Руйнування будівель та споруд у районах з жарким сухим кліматом

У районах з жарким кліматом, до яких відноситься південне узбережжя, для забезпечення комфортних умов життєдіяльності людей та довговічності будівель треба запровадити спеціальні заходи для захисту від високої температури і сонячної радіації. Ці заходи поділяють на архітектурні та конструктивні:

1. Архітектурні заходи:

- раціональна орієнтація будівель та вікон до горизонту та сторін світу;
- улаштування збільшених звисів покрівель, захисних козирків, лоджій;
- використання сонцезахисних пристроїв на вікнах у секторі горизонту

200.. 290°;

- улаштування відкритих та напіввідкритих сходових кліток.

2. Конструктивні заходи:

– шаруваті конструкції стін і покриттів з продухами за тепловідбиваючими екранами. У продухах часто передбачають охолодження повітря;

- фарбування стін та покриттів світлими барвами.

Захист від перегріву. У жаркому кліматі товсті стіни служать акумуляторами нічної прохолоди, покрівля теж робиться масивної, застосовуються і теплові екрани з тростини, лози або індустріальних матеріалів, розташовані на відступі від основних конструкцій (повітря, проходячи крізь повітряний прошарок, остуджує перекриття, яке виявляється при цьому в тіні екрану).

Руйнування будівель та споруд у районах крайньої півночі (вічної мерзлоти)

Багаторічна (вічна) мерзлота – замерзла земля, що складається з ґрунту, скель, осадових порід, що перемішані зі шматками льоду. Вона займає близько 25% наземної поверхні північної півкулі. І через кліматичні чинники наразі поступово тоне.

До районів Крайньої Півночі відносять райони з тривалістю зимового періоду від 185 до 305 дн, а також райони з низькими зимовими температурами повітря в поєднанні з частими зимовими сильними вітрами і сніговими заметами на значній частині території. Для цих районів характерні підвищена вологість повітря на узбережжі морів і океанів, мала природна освітленість території в холодні періоди року вічний стан ґрунтів, майже повна відсутність

рослинності.

Основна проблема при зведенні будівлі на ґрунті в стані вічної мерзлоти дисбаланс температур між нижніми шарами, температура яких практично не змінюється, і верхнім шаром, який нагрівається від впливу сонячних променів, зменшуючи ґрунтову теплоізоляцію, за рахунок підвищення вологості. Якщо побудувати будинок, у якого нижня частина має погану теплоізоляцію, то посилення танення ґрунту може привести до самих непередбачуваних наслідків.

У районах Крайньої Півночі особливу увагу приділяють теплозахисних властивостях зовнішніх огорожень, повітронепроникності стін, вікон і дверей, утеплення притворів; скління вікон беруть потрібне. Слід уникати улаштування дахів складного профілю, що сприяють утворенню великих снігових відкладень. На фасадах будівель не рекомендується влаштування ніш, поясів та інших виступаючих чи западають елементів. Вхід в житлові та громадські будівлі влаштовують з подвійним тамбуром, по можливості з поворотом у напрямку руху. Пристрій лоджій, як правило, не допускається, а в районах з найбільш суворим кліматом не допускається і пристрій балконів.

Щоб зберегти ґрунти основи у замерзлому стані і їх розрахунковий тепловий режим, влаштовують переважно холодні підпілля з цілорічної природною або (при великому майданчику забудови та за наявності підвалів) механічною вентиляцією.

Для збереження ґрунтів основи у замерзлому стані при будівництві багатоповерхових будівель замість холодного підпілля влаштовують холодні або наскрізні перші поверхи.

З метою запобігання шкоди від впливу води, що викликає відтавання ґрунтів, ґрунти в підпіллі планують з ухилом, що забезпечує стік води, навколо будівлі влаштовують широкі вимощення, підлоги виконують водонепроникними. Під ділянками приміщень з мокрими процесами укладають гідроізоляційні покриття.

Руйнування будівель та споруд у районах з тропічним кліматом

В жаркому вологому кліматі потрібно передбачити гарне провітрювання території поселення, для чого слід застосовувати розосереджену забудову короткими і точковими будівлями, що сприяє ефективному провітрювання внутрішньо квартальної території.

Захист від перегріву. У жаркому кліматі товсті стіни служать акумуляторами нічної прохолоди, покрівля теж робиться масивною, застосовуються і теплові екрани з тростини, лози або індустриальних матеріалів, розташовані на відступі від основних конструкцій (повітря, проходячи крізь повітряний прошарок, остуджує перекриття, яке виявляється при цьому в тіні екрану). Для вологого і жаркого клімату тропіків з перепадом температур всього 8 ° найбільш пристосоване народне житло, піднесений на провітрюваному помості і захищене навісом.

У зоні жаркого вологого клімату найбільш поширена павільйонна планування будинків з виділенням кухні та пральні в окремий блок. Характерно

поєднання легких і масивних конструкцій, розсувних перегородок. У масивних стінах забезпечується захист від спеки, в легких провітрювання. Широко застосовуються прийоми, інтенсифікують природні процеси вентиляції:

- збільшення висоти окремих приміщень;
- розміщення віконно-вентиляційних блоків у верхній частині будівлі.

При проектуванні міської забудови в умовах жаркого клімату (як сухого, так і вологого) слід передбачати захист від шкідливих кліматичних впливів не тільки місць постійного або тривалого перебування людей (житло, робота), але і будівельних конструкцій, обладнання, техніки.

Для будівель в жаркому вологому кліматі зовнішні огорожувальні конструкції (крім покриттів і стін, орієнтованих на захід і схід) повинні бути легкими, перфорованими, що трансформуються, що розкривають приміщення в зовнішнє середовище, що сприяють вільному руху повітря. Разом з тим слід передбачати штори, сітки, віконниці, екрани для захисту від комах. Вікна в сухому жаркому кліматі повинні бути мінімальних розмірів, які відповідають вимогам освітленості. Необхідно, щоб їх розташування і конструкція сприяли зниженню теплопоступлень в приміщенні

Перекриття. Для районів тропічного клімату переважні підлоги з великими показниками теплосвоєння: мармурові, цементні, керамічні і т. Д. Покриття в жаркому кліматі піддаються сильному теплового впливу. Вони піддаються сонячній радіації майже так само, як і всі стіни будівлі, разом узяті.

В жаркому вологому кліматі дахи крім захисту від сонячних променів забезпечують водовідведення при зливах високої інтенсивності. Для цих районів характерні вентилязовані двосхилі і зонтичні, легкі і круті, з далеко виступаючими звисами даху.

ТЕМА 14 ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ КОНСТРУКЦІЙ

14.1 Відновлення та підсилення фундаментів основ, фундаментів і підвальних приміщень

14.2 Відновлення сходів, вікон, дверей і воріт, перегородок

14.3 Відновлення перекриттів, перегородок та дахів

14.4 Відновлення та підсилення стін і елементів фасадів

14.5 Відновлення каркасів будівель

14.1 Відновлення, ремонт та підсилення фундаментів, основ, фундаментів і підвальних приміщень

Основи будівель повинні відповідати таким експлуатаційним вимогам:

- мати достатню несучу здатність і малу й рівномірну стисливість, забезпечувати рівномірне осідання будівлі в допустимих межах;
- бути нерухомими і не здійматися від морозу, не допускати зсувів;
- бути стійкими до дії агресивних вод і не вимиватися

Характерні деформації основ

Найхарактернішими для ґрунтів основ будівель є осадкові деформації з різних причин (рис. 14.1).

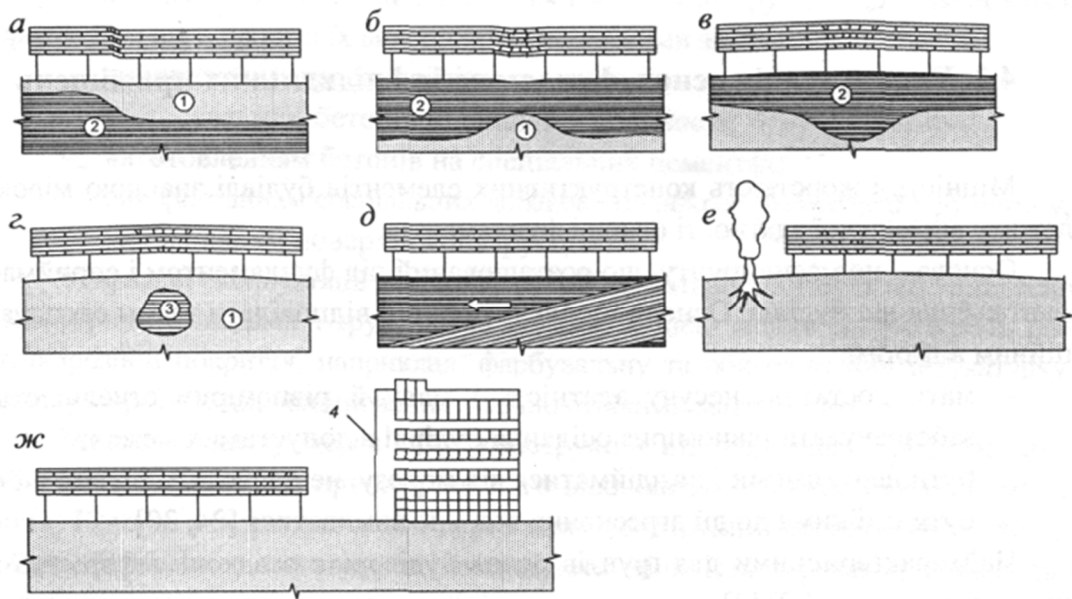


Рисунок 14.1 – Причини осадочних деформацій будівель:

а – велика різниця товщини слабого ґрунту; б, в – розташування лінз слабких ґрунтів під частиною будівлі; г – жорстке включення значних розмірів в ґрунтах основи; д – сповзання слабких порід по тріщинах; е – осідання ґрунтів від осушення корінням дерев; ж – зсув ґрунту під дією маси нової будівлі; 1 – слабкі ґрунти; 2 – щільні ґрунти; 3 – валун; 4 – нова будівля.

Рівномірне осідання ґрунтів основ за периметром будівлі не призводить до зменшення їх міцності і жорсткості. Нерівномірні осідання та просідання ґрунтів основи можуть привести до значних деформацій будівлі загалом

(рис. 14.2). У разі появи ознак нерівномірного осідання будівлі необхідно організувати інструментальний нагляд, а також встановити маяки на тріщинах.

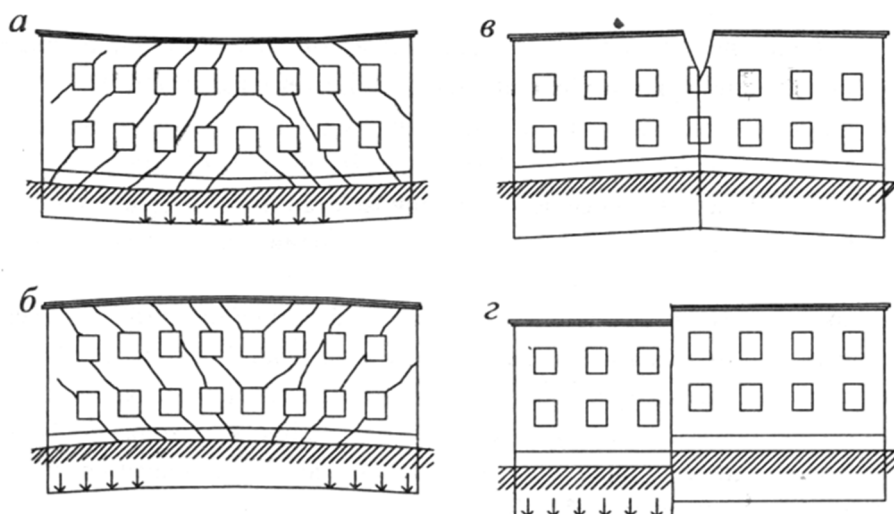


Рисунок 14.2 – Деформації будівель викликані нерівномірним осіданням ґрунтів основ: а – прогин; б – вигин; в – злом; г – сколювання

З метою запобігання нерівномірному осіданню будівель забороняється:

постійне (систематичне) відкачування води із підвалів, оскільки з водою вимивається ґрунт;

збільшення висоти підвального приміщення без спеціального проєкту за рахунок виймання ґрунту;

проникнення води у приямки внаслідок влаштування стінок, на два ряди вищих за рівень тротуару або вимощення.

Експлуатація фундаментів і стін підвалів

Фундаменти належать до основних конструктивних елементів будівлі, які сприймають навантаження від надземної частини і передають її на основу.

Для забезпечення міцності та стійкості будівлі фундаменти повинні відповідати певним експлуатаційним вимогам:

- бути міцними, стійкими, довговічними і мати необхідну жорсткість і масивність;
- передавати вертикальні навантаження на ґрунти основи;
- мати глибину закладання з врахуванням несучої здатності ґрунтів основ, рівня ґрунтових вод і глибини промерзання;
- бути захищеними від впливу ґрунтових вод та інших агресивних впливів.

Додаткові вимоги, що пред'являються до фундаментів:

- міцність;
- стійкість;
- довговічність;
- надійна гідроізоляція від ґрунтових і агресивних вод;
- морозостійкість;
- економічність.

За наведеними експлуатаційними вимогами розробляють раціональну конструктивну схему фундаментів ще на стадії проєктування.

Характерні дефекти фундаментів і стін підвалів

У процесі технічної експлуатації необхідно враховувати можливі невідповідності або неповне забезпечення окремих експлуатаційних вимог шляхом їх усунення і корегування специфіки технічного обслуговування і ремонту.

Основними дефектами фундаментів і стін підвалів є:

- місцеві просідання, вертикальні та похилі тріщини,
- вимивання солей із цементного розчину,
- розшарування кладки і випадання окремих каменів,
- відшарування або руйнування захисного шару залізобетонних конструкцій або штукатурки стін підвалів,
- вологість,
- загнивання і просідання дерев'яних опор.

Фундаменти і стіни підвальних приміщень пошкоджуються внаслідок:

- недостатньої глибини закладання і площі основи елементів,
- неоднорідності несучого шару основи, неякісної кладки,
- промочування або промерзання основ в процесі зведення і експлуатації,
- підтоплення технічних підвалів ґрунтовими, поверхневими або експлуатаційними водами.

Основною причиною фізичного зношення і зменшення несучої здатності фундаментів є вплив на них ґрунтових і поверхневих вод. Ось чому під час технічній експлуатації будівель важливе значення має відведення поверхневих і пониження рівня ґрунтових вод.

Система заходів від зволоження фундаментів:

- вода повинна стікати від будівлі назовні;
- водостічні труби мають бути завжди справними, недопустиме витікання води з підземних комунікацій;
- вимощення навколо будівель має бути справним, тріщини, щілини і вибоїни, що виникли в процесі експлуатації, необхідно зарівнювати;
- поперечний ухил вимощення має бути не меншим за 0,01 %;
- не допускати складування матеріалів, відходів і сміття, а також влаштування квітників і газонів безпосередньо біля стін будівлі.

На довговічність будівель істотно впливає стан цоколя. Цоколь це нижня частина стін будинку, яка повинна мати особливі експлуатаційні властивості: захищати стіну від зволоження і механічних пошкоджень, а також створювати зорове враження постаменту будинку.

Стан цоколя залежить від характеру приміщень першого поверху, а також горизонтальної і вертикальної гідроізоляції.

Експлуатаційні дефекти цоколя:

- надмірне зволоження конструкцій цоколя,
- промерзання,
- утворення тріщин.

Ці дефекти зумовлені пошкодженням гідроізоляційного шару, відсутністю або пошкодженнями покриття ухилу на обрізі цоколя, пошкодженнями водовідведення з даху або недостатнім виносом звисання покрівлі, пошкодженнями штукатурки або облицювання.

Цілісність фундаментів і стін підвалів будівель забезпечують також роботи, пов'язані з упорядкуванням території та реконструкцією, що здійснюється уже в ході експлуатації будівель, а саме: озеленення території, реконструкція вулиць, проїздів, прокладання тротуарів і особливо утримання в справності вимощення, що є обов'язковою умовою підтримування в нормальному стані всієї будівлі. Ширина вимощення повинна бути не меншою за 0,7 м з ухилом 0,02...0,05.

Ремонт та підсилення фундаментів

Перед виконанням проєктних робіт з підсилення фундаментів необхідно вивчити стан ґрунтів основи і за недостатньої несучої здатності підсилити їх одним зі способів (силікатизація, цементация, бітумізація, термічне обпалення).

Шляхи ремонту та підсилення фундаментів:

- збільшення площі перерізу;
- метод банкетів;
- метод підведення нових фундаментів;
- підсилення фундаменту залізобетонною оболонкою;
- за допомогою паль.

Збільшення площі перерізу

Спосіб підсилення стрічкових або стовбурних фундаментів за недостатньої несучої здатності основи і загрози втрати стійкості

Метод банкетів

Додаткові частини фундаментів – *банкети* – виконують однобічними при позацентровому навантаженні та двобічними при центральному навантаженні. Банкети й існуючі фундаменти жорстко з'єднують між собою за допомогою розвантажувальних балок.

Метод підведення нових фундаментів

Бувають випадки, коли під існуючі фундаменти треба підвести нові. Для цього виконують часткове чи повне розвантаження фундаменту за допомогою домкратів та опорних балок на визначених ділянках і підводять додаткові фундаментні елементи.

При механічних пошкодженнях і тріщинах у фундаменті, при загрозі зменшення міцності, його ремонтують методом цементації, пробурюючи отвори кроком 500-1 000 мм та нагнітаючи в них цементний розчин.

Підсилення залізобетонною оболонкою

Коли цементацію провести неможливо, застосовують укріплення залізобетонними обоймами та оболонками. У випадку підсилення скляних фундаментів, на які спираються колони каркаса, рекомендують одночасне охоплення оболонкою фундаментного елемента та ще й обоймою колони.

Підсилення за допомогою паль

Для цього ефективно бурінжекційні коренеподібні палі, для влаштування

яких через тіло фундаменту пробурюють нахильні шпури, встановлюють арматуру і заповнюють бетоном.

Також для підсилення можуть використовуватися додаткові палі, які разом з залізобетонними або сталевими розподілюючими балками утворюють рамну систему.

Найбільш кардинальним шляхом є підсилення, завдяки додатковому пальовому фундаменту. Для цього влаштовуються додаткові палі підсилення, а під існуючий фундамент підводять ростверк.

14.2 Відновлення сходів

Сходи призначені для сполучення людинопотоків між поверхами. Відповідно до призначення сходи повинні задовольняти такі експлуатаційні вимоги:

- бути міцними, жорсткими і довговічними;
- створювати відповідні зручності і безпеку під час руху людей;
- бути вогнестійкими відповідно до ступеня вогнестійкості будівлі.

У процесі експлуатації сходів головне завдання забезпечення міцності й елементів (сходинок, косоурів, площадок).

Основні дефекти сходів.

Заходами з технічної експлуатації сходів має бути передбачено попередження можливих дефектів, а саме;

- корозію металевих елементів сходів;
- прогини і перекіс косоурів, маршів;
- злом (надмірне зношення) сходинок і площадок;
- поява тріщин в сходових маршах, площадках і сходинок;
- деформації огорожі та ослаблення кріплень огорожі і поручнів;
- задирки на поручнях;
- незадовільний технічний стан приладів освітлення;
- загнивання і витирання елементів дерев'яних сходів;
- руйнування оздоблювального шару стін і підлог сходових площадок.

Входи у сходові клітки, на горище, в підвал, а також підходи до пожежного обладнання повинні бути вільні.

Не допускається складування матеріалів, обладнання та інвентарю в сходових приміщеннях і під сходовими маршами.

З метою забезпечення нормального температурно-вологісного режиму сходових кліток необхідно щорічно готувати будівлі до експлуатації в зимовий період: забезпечувати нормальну роботу пристроїв для закривання вхідних дверей і ущільнення дверних і віконних прорізів.

Відновлення експлуатаційних властивостей всіх елементів сходової клітки повинно виконуватись не рідше одного разу в 5 років.

Несучі елементи сходових кліток фарбують не рідше, як через 6-9 років.

Технічний стан сходових кліток та їх елементів визначають зовнішнім оглядом, починаючи з вхідних дверей і площадок.

14.3 Відновлення перекриттів, перегородок та дахів

Відновлення перекриттів

Перекриття поділяють будівлю на поверхи за висотою, сприймають постійні і тимчасові навантаження і передають їх на стіни, а також відіграють роль горизонтальних діафрагм жорсткості.

Експлуатація перекриттів

Експлуатаційні вимоги до перекриттів:

- бути міцними і жорсткими;
- мати теплотехнічні властивості (перекриття горищні, над підвалами і проїздами, а також перекриття, які відокремлюють опалювальні приміщення поверхів від неопалювальних);
- мати акустичні і водоізоляційні властивості (перекриття в санвузлах, душових, лазнях, пральнях);
- бути достатньо вогнестійкими залежно від призначення приміщень;
- відповідати спеціальним вимогам залежно від призначення приміщень.

Основні дефекти перекриттів та їх причини.

У процесі технічної експлуатації перекриттів важливо знати можливі дефекти і причини їх появи, а також способи їх попередження й усунення.

Основними дефектами перекриттів є:

- понаднормативні прогини,
- висока звукопровідність,
- промерзання біля зовнішніх стін,
- відшарування штукатурки,
- тріщини і вологі плями на стелі.

В дерев'яних перекриттях, крім вказаних недоліків, існують ще такі:

- руйнування деревини будинковими грибами і комахами (червоточини),
- гнучкість,
- відшарування і розтріскування штукатурки,
- промерзання горищних перекриттів.

Експлуатуючи перекриття і підлоги, систематично перевіряють горизонтальність підлоги, звертають увагу на провисання і хиткість перекриття, появу тріщин, вологості, підвищену звуко- і теплопровідність. Темні смуги на стелі свідчать про переохолодження залізобетонних балок або плит горищних перекриттів. У такому разі необхідно додатково утеплити перекриття по всій площині або утеплити балки.

Якщо темні (вологі) смуги з'являються тільки вздовж зовнішніх стін, це означає, що переохолоджуються вузли опирання балок і плит на стіни. Тоді перекриття утеплюють за периметром зовнішніх стін або утеплюють кінці балок чи настилів.

У процесі технічної експлуатації залізобетонного перекриття треба звертати увагу на прогини перекриттів, тріщини в несучих елементах перекриттів і місцях приєднання між собою і з суміжними конструкціями, відшарування штукатурки, руйнування захисного шару арматури,

звукопровідність і появу плям, висолів і т. п.

При визначенні технічного стану дерев'яного перекриття особливу увагу треба звертати на стан балок перекриття в місцях їх опирання на стіни, стан засипок і утеплення, місця перетину перекриття різними трубпроводами.

Важливою задачею експлуатації перекриттів є забезпечення вологісних режимів приміщень, гідроізоляція підлог, справність санітарно-технічного устаткування.

Забороняється пробивати отвори, борозни і гнізда, а також посилювати перекриття без спеціального проекту.

Підсилення плит перекриттів

Підсилення залізобетонних плит перекриттів здійснюють за допомогою таких способів (рис 14.3-14.5):

1. Нарощування перетину у розтягнутій або стиснутій зоні (рис. 14.3)
 - Для нарощування перетину у розтягнутій зоні оголюють арматуру основи у нижній частині плити та приварюють до неї арматуру підсилення.
 - При нарощуванні перетину у стиснутій зоні у верхній частині плити наносять шар цементної стяжки, ретельно забезпечуючи спряження шарів, для чого: роблять насічку поверхні, промивають її водою та наносять шар цементної стяжки, використовуючи адгезійні добавки.
2. Зміна конструктивної та розрахункової схем підсилення (рис. 14.4).
3. Встановлення каркаса по нахильному перетину (рис.14.5).

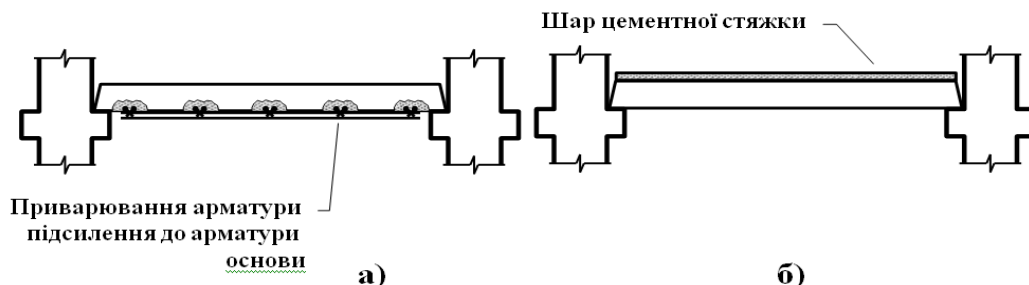


Рисунок 14.3 – Підсилення залізобетонних плит нарощуванням перетину:
а) у зоні розтягнення; б) у зоні стиску

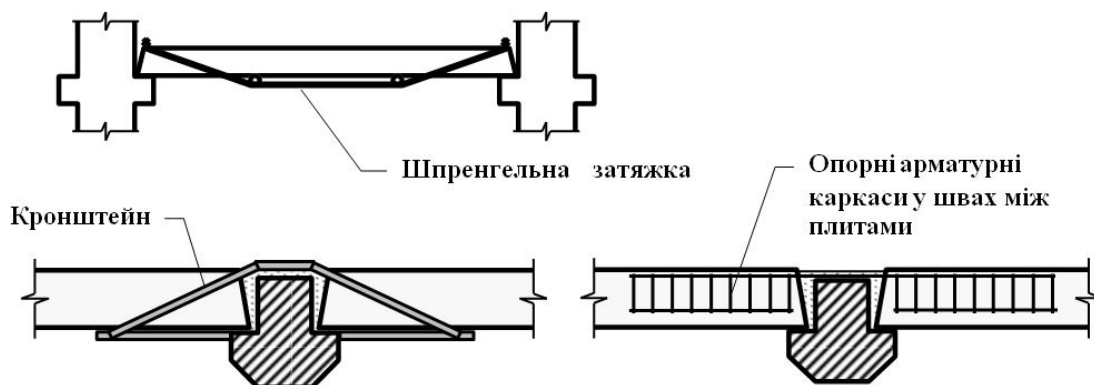


Рисунок 14.4 – Підсилення залізобетонних плит методами зміни
конструктивної та розрахункової схем



Рисунок 14.5 – Підсилення залізобетонних плит нарощуванням каркаса по нахильному перетину

Відновлення перегородок

Перегородки – це вертикальні самонесучі огорожі, що розділяють суміжні приміщення будівлі. За опори для перегородок правлять несучі елементи перекриттів (балки, плити), а на першому або підвальному поверхах – цегляні й бетонні стовпчики чи бетонна підготовка.

Перегородки (крім столярних) не допускається спирати на конструкції підлоги. Стійкість перегородок забезпечують їх кріпленням до стін і перекриттів.

Перегородки призначені для відокремлення одного приміщення від інших. Відповідно до призначення перегородки повинні відповідати таким експлуатаційним вимогам:

- мати добрі звукоізоляційні властивості й необхідний опір вогнестійкості;

- бути вологостійкими і мати малу теплопровідність (при відділенні опалюваного приміщення від неопалюваного);

- відповідати санітарно-гігієнічним вимогам (бути гладкими і легко очищатися);

- мати малу масу і невелику товщину.

У процесі технічної експлуатації всі роботи з технічного обслуговування і ремонту перегородок виконують з метою усунення виявлених дефектів і сприяння збереженню експлуатаційних властивостей перегородок протягом усього терміну їх служби.

Пошкодження, недоліки перегородок та їх причини.

У перегородках найчастіше зустрічаються такі недоліки: хиткість, випучування, тріщини в тілі, швах і в місцях приєднання їх до суміжних конструкцій, щілини під і над перегородками, розтріскування і руйнування штукатурки, зволоження в місцях розміщення трубопроводів, висока звукопровідність.

Технічна експлуатація перегородок зводиться до виявлення хиткості, тріщин, порушень опоряджувального шару, випинання, появи вогких плям і вживання заходів з усунення несправностей і дефектів.

Вогкі плями і пошкодження опоряджувального шару найчастіше трапляються в старих будівлях з дерев'яними перегородками, особливо в місцях встановлення санітарно-технічних приладів і в санітарних вузлах. У такому випадку рекомендується відбити облицювальний шар, замінити гнилі елементи, просушити і відновити опоряджувальний шар перегородки.

Перегородки із дерев'яних елементів, гіпсових плит і панелей потребують особливо дбайливого захисту від намокання.

У процесі експлуатації будівель з несучими внутрішніми стінами не

дозволяється переміщувати або розбирати їх, пробивати отвори без спеціального проєкту або відповідного обґрунтування спеціалізованої організації.

Забороняється встановлювати нові перегородки або переміщувати існуючі, оскільки при цьому може перерозподілитись навантаження на перекриття, що приведе до появи їх деформацій.

Не дозволяється влаштовувати прорізи і робити ніші або кріплення для полиць і картин, що може призвести до ураження струмом за наявності схованої електропроводки.

Відновлення дахів та горищних приміщень

Дах. Це зовнішня несуча та огорожувальна конструкція, яка захищає будівлю зверху від впливів зовнішнього середовища (атмосферних опадів, вітру, сонця).

Експлуатаційні вимоги до дахів

Виходячи з основного призначення, дах повинен задовольняти такі важливі експлуатаційні вимоги:

- бути міцним витримувати навантаження від власної маси, снігу, вітру і тих, що виникають під час експлуатації даху;

- захисна частина даху – покрівля, повинна бути водонепроникливою, вологостійкою, стійкою проти впливу морозу і сонячної радіації, агресивних хімічних домішок, що містяться в атмосферному повітрі, не зазнавати жолоблення, розтріскування і розплавлення та забезпечувати відведення атмосферних опадів;

- захищати розташовані під ним приміщення від холоду взимку і перегрівання сонячними променями влітку;

- теплоізоляційна частина даху має захищати від зволоження знизу пароповітряною сумішшю від опалюваних приміщень;

- мати певний ступінь довговічності, що відповідає нормам і класові будівлі.

У процесі технічної експлуатації важливо, щоби наведені вимоги задовольнялися протягом всього терміну експлуатації будівлі. При цьому експлуатаційні служби повинні знати найвірогідніші місця появи дефектів, способи їх виявлення і методи усунення.

Технічна експлуатація конструкцій дахів і горищних приміщень передбачає періодичне очищення їх від сміття і снігу, огляди і поточний непередбачений ремонт, а також проведення заходів, скерованих на забезпечення температурно-вологісного режиму приміщень і конструкцій.

Недоліки дахів

Особливу увагу під час оглядів необхідно звернути на такі недоліки:

- деформації несучих елементів покрівлі;
- руйнування (пошкодження) покрівельного матеріалу;
- пошкодження гідроізоляційного килиму;
- пошкодження в місцях приєднання до стін та інших частин будинку;

- засмічення розжолобків, водовідвідних труб, жолобів і лійок.

У зв'язку з особливим значенням покрівель в експлуатації будівель їх оглядають і очищають не рідше як двічі на рік (навесні та восени), влітку не рідше одного разу на два місяці. Огляди дахів починають з горищного приміщення, при цьому звертають увагу на стан несучих конструкцій та їх з'єднань, а також елементів інженерно-технічного устаткування, що розміщені на горищі.

Стан покрівлі перевіряють спочатку з боку горища, потім із зовнішнього боку.

Догляд за рулонними покрівлями полягає в періодичному (не рідше, як через 2–3 роки) відновленні поверхневої обмазки і захисного гравійного шару у вигляді посипки (у шар бітумної мастики у 2–5 мм втоплюють шар гравію завтовшки 15-20 мм).

Технічний стан похилих покриттів з покрівлями із листових і штучних матеріалів (черепиця, хвилясті і плоскі азбестоцементні листи, плитки, покрівельна сталь) перевіряють ззовні і з середини приміщення та горища. Складного періодичного догляду потребують сталеві покрівлі. Фарбують їх не рідше, як через 3-4 роки, а при окремих пошкодженнях ремонтують і фарбують негайно.

З метою уникнення пошкодження і порушення цілісності покрівельного матеріалу під час огляду, ремонту і очищення ходити по покрівлі треба тільки у м'якому взутті, а для покрівлі із азбестоцементних листів користуватись пересувними драбинами.

Взимку покрівлю очищають від снігу, не допускаючи утворення шару снігу завтовшки 30-35 см, причому рекомендується залишати шар снігу 5-10 см захисту покрівельного матеріалу від пошкодження під час очищення. Сніг з покриттів скидають дерев'яними лопатами (скребачками), одночасно і рівномірно з усіх схилів. Взимку періодично очищають карнизні звисання від утворення наледі і бурульок.

Місця скидання снігу обов'язково огорожують, а прохід для пішоходів закривають. Робітники, зайняті на скиданні снігу, повинні бути детально проінструктовані, забезпечені запобіжними поясами і нековзним взуттям.

Несправності покрівель повинні бути усунені в такі терміни: пошкодження, що викликають протікання покрівлі і водостоків негайно після виявлення; пошкодження, що приводять до ослаблення гідроізолювальних властивостей покрівлі і порушення кріплення і елементів покрівлі протягом доби; пошкодження, що заважають нормальному стоку води протягом 5 діб; решту пошкоджень протягом літніх місяців.

Забороняється виконання робіт на покрівлі під час: туманів, швидкості вітру 15 м/с і більше; ожеледиці покрівлі або покритті її мрякою; дощів, снігопадів; з настанням темряви, без достатнього штучного освітлення самої покрівлі і проходів до неї.

Пошкодження дахів та способи їх усунення

Основними дефектами дахів і горищних приміщень є:

- деформації з'єднань дерев'яних конструкцій, погана гідроізоляція між кам'яними і дерев'яними конструкціями, значний прогин кроків, загнивання мауерлатів і лат, корозія металу і арматури;
- розкриття гребенів і фальців металевих покрівель, наявність одинарних фальців у жолобах, руйнування пофарбування;
- пошкодження і зміщення окремих покрівельних елементів із штучних матеріалів, відсутність відповідного напуску, нещільність в місцях з'єднань, послаблення кріплень елементів до лат;
- повітряні і водяні мішки, розриви і пробоїни в рулонних покрівлях, розшарування рулонного килиму, розтріскування покрівельного шару.

Причинами дефектів та пошкоджень даху і покрівель цивільних будівель є:

- помилки в проєкті: застосування м'якого утеплювача, легкоплавких бітумів;
- порушення технології влаштування даху і покрівель: застосування сирого утеплювача, неякісних матеріалів покрівлі і мастики, нерівномірний шар мастики, пропуски захисного шару і т.п., недбале влаштування сполучень покрівлі зі стіною і трубами, відсутність металевого фартуха або стяжного хомута, неякісне влаштування водовідведення, недотримання проєктного ухилу по поверхні покриття;
- недоліки експлуатації: несвоєчасний поточний ремонт даху, пошкодження покрівлі і карниза при очищенні від снігу і льоду, низька якість використаних при ремонті матеріалів (особливо в місцях стиків і перегинів покрівлі), деформація покриття під сніговим навантаженням, пошкодження покрівлі при очищенні від снігу, засмічення водовідводу.

Покрівлі скатних дахів (покриття скатів, карнизи, звиси, настінні жолоби, розжолобки, обшивка димарів, водостічні труби) піддаються сильним механічним, тепловим, фізико-хімічним та іншим впливам, зокрема руйнівній дії періодичних зволожень, добових і сезонних коливань температур, сонячної радіації, вітрів, снігопадів, ожеледі, шкідливих хімічних газів.

Огляд покрівлі виконують двічі протягом року весною і в осені (рулонної покрівлі не рідше одного разу в два місяця).

Покрівлі оглядають не тільки зовні, але і з боку горища «на світло», виявляючи при цьому наявність окремих мокрих плям на утеплювачі горищного перекриття.

На сталевих покрівлях потрібно перевірити стан фарби, щільність фальців, розжолобків, звисів та кріплення їх до костилів, стан настінних жолобів, лотків і воронки водостічних труб, наявність пробоїн у покрівлі і бруду на ній, стан брандмауерів, димових і вентиляційних труб, стан покрівлі в місцях установки антен.

В покрівлях з черепиці і азбестоцементних аркушів при огляді повинні бути перевірені напуски черепиці і листів, правильність їх перекриття,

особливо в гребневих і ребрових рядах.

При обстеженні рулонної покрівлі, очищеної перед оглядом від сміття, листів і пилу, перевіряють стики полотнищ, місця примикання покрівлі до стін, димових і вентиляційних труб і т.д.

Під час огляду крокв, мауерлатів та інших несучих конструкцій даху (сполучень, вузлів, бантин, підкосів) виявляють наявність цвілі, гнилизни або жучкових поразок на дерев'яних елементах даху, появу тріщин, вибоїн і оголення арматури в залізобетонних настилах, пошкодження фарбування і т.п.

При огляді горищних приміщень перевіряють стан:

утеплення горищних перекриттів, трубопроводів систем центрального опалювання і гарячого водопостачання, що знаходиться на горищі;

вхідних дверей або люків, що ведуть на горище, дверей вентиляційних камер і слухових вікон.

Плоскі (суміщені) покрівлі рекомендується оглядати частіше, ніж скатні, приділяючи особливу увагу справності покрівлі, захисного шару і водовідвідних пристроїв, стану стель верхніх поверхів.

Відновлення та посилення дерев'яних конструкцій даху

Існує кілька способів відновлення і посилення пошкоджених конструкцій.

1. Застосування дерев'яних накладок (рис. 14.6). Їх використовують при одиночному пошкодженні стропильних ніг. Посилення проводять шляхом установки підсилюють дерев'яних накладок із закріпленням болтами або цвяховим боєм. Спирається накладок на мауерлат має бути всім торцем з подальшою установкою дрютної скрутки.

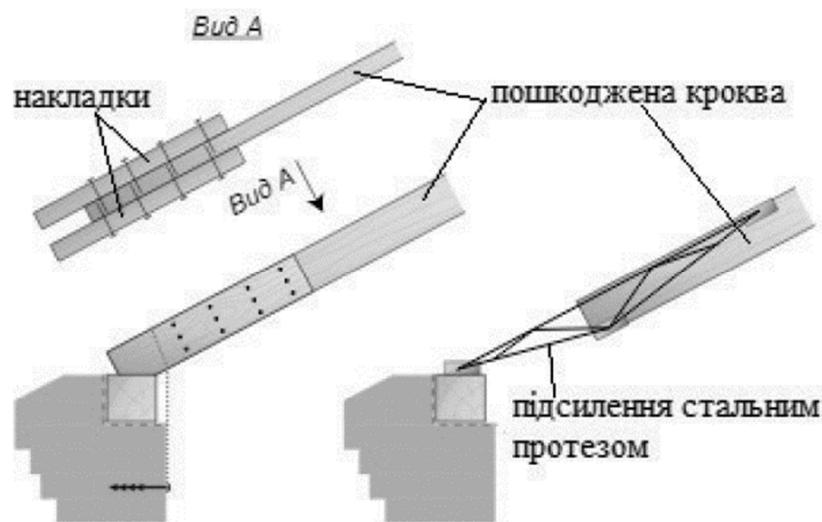


Рисунок 14.6 – Посилення низу кроквяної ноги дерев'яними накладками та металевим протезом.

2. Використання пруткових протезів. Їх застосовують при масовому пошкодженні стропильних ніг. До початку робіт пошкоджену кроквяну ногу зміцнюють на тимчасових опорах, розбирають покриття і випилюють зогнилу

частина кроквяної ноги. Протез надягають на кроквяну ногу і укладають на мауерлат. Спиланий торець кроквяної ноги наголошують в опорну площадку протеза, яка запобігає її сповзанню. Жорсткість верхнього стиснутого пояса протеза забезпечує підкісний решітка.

3. Використання накладок, що спираються на балку. Цей варіант застосовують при необхідності заміни згнилі ділянки мауерлата і кінця кроквяної ноги. До початку робіт кроквяну ногу зміцнюють тимчасовими опорами, вирізають згнилі ділянки ноги і мауерлата, забивають в кладку милиці і укладають на них балку довжиною 1 м. Якщо конструкція стін і перекриття дозволяє, а найчастіше це саме так, то на стіну або перекриття укладають метровий шматок лежня. У цю балку наголошують два підкоса, закріплені на цвяхах по обидва боки кроквяної ноги. Обрешітку підтримують нової подовженою кобилкою

14.4 Відновлення та підсилення стін і елементів фасадів

Відновлення стін та елементів фасадів

Стіни виконують різні функції залежно від конструктивної схеми і призначення будівлі. Основне функціональне призначення стін захист приміщень будівель від впливу навколишнього середовища і передавання навантажень на фундаменти.

Експлуатаційні вимоги до стін:

- бути міцними і стійкими;
- мати певний ступінь довговічності;
- забезпечувати потрібний температурно-вологісний режим у приміщеннях і не допускати накопичення вологи у зовнішніх стінах;
- мати достатні звукоізоляційні і герметичні властивості;
- відповідати архітектурно-художньому вирішенню.

Задачею технічної експлуатації стін будівель є збереження їх несучої здатності та інших експлуатаційних властивостей протягом всього терміну служби.

Під час огляду стін необхідно звернути увагу на:

- тріщини, відшарування кладки (за появи в стінах тріщин необхідно на них установити маяки і вести нагляд за поведінкою тріщин і конструкції загалом);
- відхилення стін від вертикалі;
- деформації штукатурки (облицювання);
- стан закладних деталей;
- появу на стінах мокрих плям і висолів.

У крупнопанельних і крупноблокових будинках особливу увагу необхідно звертати на якість вертикальних і горизонтальних стиків між панелями, стан швів віконних і дверних блоків, руйнування оздоблювального шару, вологі плями і смуги конденсату вздовж стиків, плями плісняви в кутах приміщень і т. п.

Руйнування стін найчастіше починається в місцях їх зволоження в

результаті пошкоджень покрівлі, водозливних труб, карнизів, балконів, цоколя і т. п., при цьому порушується їх несуча здатність, жорсткість, а також теплозахисні властивості. Тому, оглядаючи стіни, особливу увагу треба звертати на найсприятливіші для руйнування місця.

Оглядаючи **фасади**, особливу увагу звертати на елементи зовнішнього опорядження, руйнування яких може привести до нещасних випадків. З цією метою усі ненадійні частини фасадів, що виступають, простукують молотком і відбивають їх, а пошкоджені місця на фасаді реставрують.

Під час **технічної експлуатації фасадів** особливу увагу звертають на забезпечення надійного кріплення звисань і водовідвідних труб, а також стан елементів, які найбільше піддаються впливу атмосферних опадів і вологи: поясків, сандриків та інших архітектурних деталей, які виступають із площини фасаду. Оглядати такі ділянки фасадів рекомендують за допомогою бінокля.

Стан елементів фасаду контролюють навесні і восени, а також перед ремонтом, але не рідше ніж кожні три роки.

З метою захисту стін від зволоження ґрунтовою вологою необхідно слідкувати і за необхідності відновлювати її гідроізоляційний шар. Не можна допускати насипання ґрунту, складування матеріалів, сміття біля стін.

Під час експлуатації стін забороняється:

- пробивати нові віконні і дверні прорізи, встановлювати кріплення на зовнішніх поверхнях стін без спеціального проєкту на такі роботи;
- пробивати канали і бороздки в цегляних стінах товщиною меншою за 38 см без перевірки їх несучої здатності.
- опирання без спеціального обґрунтування склепінь, арок, труб, щогл і т. п.

Відновлення елементів стін будівель і фасадів

Конструктивні елементи стін будівель і фасадів: балкони, лоджії та еркери не тільки збагачують архітектурно-композиційні вирішення будинків і створюють додаткові зручності мешканцям будинків, але й зв'язують елементи приміщення.

Балкон огорожений парапетом, ґратками, балюстрадою невеликий майданчик на фасаді вище першого поверху, що сполучається з приміщеннями. Балкон складається з несучої конструкції (найчастіше у вигляді плити), підлоги й огорожі. Несуча конструкція в сучасному масовому будівництві виконується з залізобетонних плит, защемлених з одного боку в стіні і прикріплених зварюванням до сталевих анкерів, укріплених в стінах, а також панелі перекриття.

Лоджія приміщення в будинку, відкрите з фасадного боку й огорожене парапетом або ґраткою. Це вбудована в будинок тераса, відкрита з фасадного боку й захищена з трьох інших боків капітальними стінами.

Еркер (нім. егісег) виступ у зовнішній стіні будинку у вигляді ліхтаря, призначений для поліпшення інсоляції і збільшення площі приміщення. Це захищена зовнішніми стінами частина кімнати, що виступає за зовнішню площину фасадної стіни й освітлюється одним або кількома вікнами.

Найвідповідальнішою частиною елементів фасадів є місця їх приєднання до стін. Саме в цих місцях через температурні деформації утворюються тріщини, що сприяють проникненню вологи в приміщення і призводять до прискореного зношення стін, а деколи і до аварійного стану елементів фасаду. У зв'язку з цим під час технічної експлуатації важливо контролювати стан гідроізоляції та надійність приєднання елементів фасаду до стін будівлі.

У процесі експлуатації балконів, лоджій та еркерів

- часто деформуються опорні площадки, консольні балки і плити,
- відшаровується і руйнується підлога,
- зворотній ухил (до будинку) підлоги балконів і лоджій призводить до підтікання на нижній поверхні балконних плит, ослаблюється кріплення і пошкоджується огороження балконів, лоджій і пожежних драбин, а також нагромаджується сніг.

Оглядаючи елементи фасадів, крім щільності їх приєднання до стін необхідно також перевірити стан несучих конструкцій: консольних плит і балок, кронштейнів і підкосів. Тріщини очищають від бруду, визначають їх глибину і перевіряють стан арматури або закладних деталей і металевих балок.

За наявності підтікання та іржавих плям необхідно перевірити щільність захисного шару, а також стан гідроізоляції.

У випадку аварійного стану балконів, еркерів і карнизів необхідно заборонити вихід на балкони, на фасаді у відповідному місці вивісити оголошення про небезпеку обвалення цих елементів і вжити термінових заходів з виведення їх з аварійного стану. Не дозволяється захаращувати балкони, еркери і лоджії.

Дефекти у стінах

Основні дефекти стін:

- тріщини,
- розшарування рядів кладки,
- відхилення стін від вертикалі,
- випинання і просідання окремих ділянок стін,
- руйнування зовнішнього поверхневого шару стінового матеріалу і архітектурних деталей,
- випадання окремих цеглин із перемичок над віконними і дверними прорізами,
- відсутність і вивітрювання розчину швів кладки,
- відшарування і руйнування штукатурки і облицювання, щілини під балконними плитами,
- руйнування частин стін, що виступають,
- промерзання і зволоження конструкцій,
- висоли і вологі плями.

Причини виникнення дефектів у стінах.

Виникнення у стінах тріщин, сколів може відбуватися за такими обставинами:

- систематичне замочування атмосферними опадами, агресивними

рідинами та випаровуваннями;

- нерівномірні осідання будов при підтоплюванні територій ґрунтовими водами або промисловими стоками;
- відсутність вимоцнення;
- недостатня глибина закладання фундаментів;
- неякісне виконання будівельних робіт;
- збільшення навантажень при надбудовах або утворення нових прорізів.

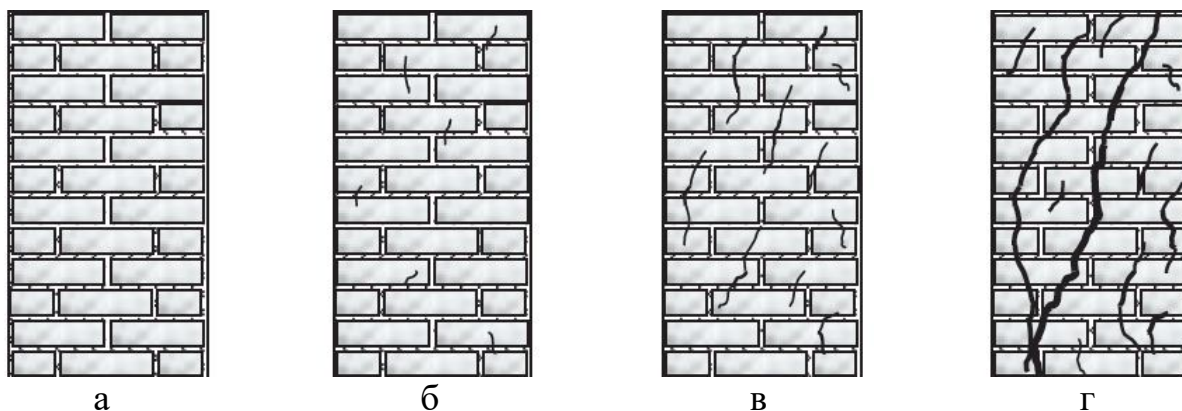


Рисунок 14.7 – Стадії роботи кам'яної кладки при стисканні:

а, б, в, г – відповідно перша, друга, третя та четверта стадії

Оцінка причин пошкоджень кам'яних стін

З видом пошкоджень кам'яної кладки можна судити про причини їх виникнення. Наявність тріщин у кладці, тріщин у стінах характеризує стадії роботи кам'яної кладки.

Тріщини у кладці:

На першій стадії роботи відсутні будь-які пошкодження, діюче стискаюче навантаження не викликає утворення тріщин. При першій стадії роботи кладка знаходиться в нормальному технічному стані

На другій стадії з'являються короткі вертикальні тріщини, що перетинають не більше 1 ряду, це звичайне явище, яке відповідає нормальній праці кладки (цегли та розчину). Тріщини – результат недосконалості кладки, і вони не впливають на несучу здатність. Кладка знаходиться в задовільному технічному стані.

На третій стадії з'являються середні вертикальні тріщини, які перетинають 2-3 ряди, говорять про те, що навантаження досягають 70-80 % від руйнуючих. У цьому випадку треба усунути причини перевантаження або підсилити конструкції стін. Технічний стан кладки – аварійний, а сама вона потребує негайного підсилення або заміни новою.

На четвертій стадії з'являються великі вертикальні тріщини, які поділяють тіло кладки на окремі "стовпи", – граничне навантаження, аварійна ситуація: експлуатація неможлива. У цьому випадку потрібне термінове розвантаження стіни з наступною заміною або підсиленням конструкції.

Тріщини у стінах:

- вертикальні тріщини у зоні віконних прорізів говорять про низьку дискову жорсткість перекриттів та наявність динамічних впливів;
- похилі прогресуючі тріщини утворюються при загальному вигині будівлі внаслідок часткової слабкості ґрунту основи;
- похилі непрогресуючі тріщини звичайно утворюються поблизу стіни підвалу, що розташований під частиною будівлі.

За виникненням і розвитком тріщин необхідно вести довготривалий нагляд з допомогою маяків. Стан маяків необхідно перевіряти через три місяці протягом першого року експлуатації будівлі, через шість місяців протягом другого року і потім один раз на рік протягом п'яти років. Незмінний стан маяків свідчить про зупинення деформації стін, в іншому разі вживають заходів для виправлення ситуації.

Основними дефектами дерев'яних стін є:

- загнивання деревини і пошкодження її будинковими грибами та комахами (червоточини),
- промерзання,
- випинання стін,
- просідання кутів,
- руйнування або пошкодження штукатурки, обшивки і оздоблення кутів, місць з'єднання внутрішніх стін із зовнішніми,
- осідання засипки і ущільнення,
- малий ухил і нещільне прилягання до стін зливних дощок,
- пошкодження гідроізоляції по цоколю.

Догляд за стінами полягає в тому, щоб запобігти появі вогкості (тріщин), а також промерзання та переохолодженню. Вогкість в холодну пору року призводить до промерзання стін, особливо в тих місцях, де термічний опір менший за нормативний.

Підсилення стін

У випадках тріщин у кладці для підсилення стін застосовуються *обойми* сталеві або залізобетонні з інжекцією розчину у тріщини. У випадках тріщин у стінах для підсилення стін улаштовуються попередньо напружені *сталеві тяжі*, які утворюють декілька замкнених контурів по капітальних стінах на рівні перекриттів (рис 14.8).

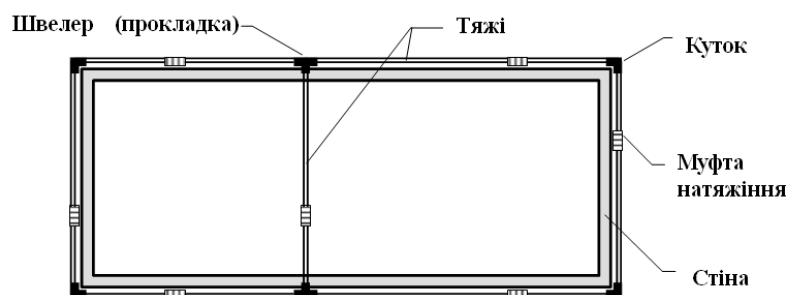


Рисунок 14.8 – Підсилення стін об'ємним обтисненням

14.5 Відновлення каркасів будівель

Пошкодження каркасів будівель

Догляд за конструкціями каркаса має забезпечити їх міцність і жорсткість, цілість і справність. У переважній більшості ці конструкції виконані із залізобетону або металу, рідше із деревини.

Експлуатація залізобетонних конструкцій каркаса

Поширеним дефектом залізобетонних колон каркасів будівель є вертикальні і горизонтальні тріщини.

Вертикальні тріщини призводять до відшарування бетону на кутах колон. Виявивши їх, треба відбити бетон, який відшарувався, і відновити кути колон цементно-піщаним розчином (пропорція 1:2).

Горизонтальні тріщини не становлять безпосередньої небезпеки в конструктивному відношенні, якщо ширина розкриття їх невелика. Але через такі тріщини до арматури потрапляє зволожене повітря, що спричиняє корозію арматури. Тому тріщини необхідно розшити, продути стиснутим повітрям і заповнити цементно-піщаним розчином (пропорція 1:2).

На залізобетонних елементах каркаса часто можна спостерігати тріщини, причиною яких є корозія арматури. Цей дефект виправляють так: відбивають захисний шар бетону, очищають арматуру від корозії, після чого відновлюють захисний шар нанесенням цементного розчину (пропорція 1:3).

Якщо в залізобетонних (кам'яних) конструкціях з'явилися тріщини з шириною розкриття до 0,3 мм, необхідно встановити за дефектним місцем спостереження, а саме:

- розчистити поверхню елемента на ширину не меншу за 10 см;
- позначити тонкими лініями межі тріщин (їх початок й кінець) і поставити дату нагляду;
- заміряти ширину розкриття тріщини не менше ніж у двох місцях, її глибину і довжину;
- зарисувати тріщину на ескізі елемента;
- поставити на тріщину один або декілька (залежно від довжини тріщини) маяків;
- спостерігати протягом 20-30 днів за станом маяків.

Якщо протягом 20-30 днів маяки залишаються неушкодженими, то розвиток тріщин не має прогресуючого характеру. В такому випадку можна перейти до періодичного контролю за дефектним місцем протягом 6-12 місяців. Якщо і за цей час маяки залишаються цілими, то утворення тріщин (деформування конструкції) можна вважати закінченим. З метою захисту конструкцій каркаса від дії навколишнього середовища зовнішня поверхня їх повинна бути покрита захисним шаром із мінеральних, синтетичних або напівсинтетичних фарб.

Експлуатація металевих конструкцій каркаса

У металевих конструкціях поява тріщин в несучих елементах неприпустима. У випадку утворення тріщин необхідно негайно розвантажити

конструкцію і вжити заходів щодо її посилення.

Найпоширенішим дефектом металевих каркасів є їх корозія. Збитки від корозії металевих конструкцій вимірюють не тільки втратою металу (до 10 % щорічно), а й достроковим, передчасним виходом із ладу цілих об'єктів. Тому захист їх від корозії є важливим завданням експлуатаційних служб.

Металеві каркаси від корозії можна захищати: зниженням агресивної дії середовища або ізоляцією металу від неї.

Надійність і довговічність захисних покриттів значною мірою залежить від багатьох факторів, зокрема від якості підготовки поверхні до їх нанесення. Важливо при цьому метал зачистити до блиску і не пізніше як через чотири години нанести на нього ґрунтовку, потім шпатлівку, потім фарбу і зверху емаль з відповідними перервами для висихання кожного шару.

Експлуатація дерев'яних конструкцій каркаса

Основними дефектами дерев'яних конструкцій каркаса є загнивання деревини і пошкодження її будинковими грибками, шашелем, неспівосність окремих елементів у з'єднаннях.

Наведені дефекти попереджують заходами, які можна поділити на

- проєктні (проєктна профілактика),
- будівельні (будівельна профілактика)
- експлуатаційні (експлуатаційна профілактика).

Проєктна профілактика полягає у виборі типу конструкції, правильному розміщенні шарів, які можуть загнивати, в прокладанні пароізоляції з боку приміщень з високою вологістю і в забезпеченні повітряного прошарку у зовнішній поверхні конструкції каркаса.

Зміст будівельної профілактики полягає в застосуванні в будівництві і під час ремонту тільки антисептованої деревини повітряного сушіння.

В процесі технічної експлуатації необхідно здійснювати експлуатаційну профілактику: не допускати зволоження дерев'яних конструкцій, періодично їх обробляти антисептиками та антипіренами.

Деревину від загнивання захищають поверхневою обробкою, просочуванням, дифузним методом, а також хімічним консервуванням.

Підсилення залізобетонних вертикальних опор

Підсилення залізобетонних колон здійснюється шляхом нарощування перетину (рис. 14.9) за рахунок:

- 1) встановлення обойми;
- 2) додавання шарів матеріалу.

Обойма – спеціальна конструкція, яка, обжимаючи конструктивний елемент з двох боків або по периметру перетину, підвищує його жорсткість. Розрізняють звичайні та попередньо напружені обойми. Звичайно обойми виготовляють з залізобетону або сталі та використовують, коли є можливість повного або часткового розвантаження колони на момент її підсилення. Таке розвантаження здійснюють за допомогою тимчасових розвантажуючих стояків-опор з піддомкратуванням. Арматура обойми не зв'язана з арматурою

основного перетину (рис. 14,9,а).

Підсилення за рахунок додавання шарів матеріалу буває одно-, дво-, три та замкнене. Його здійснюють з бетону або залізобетону. При цьому арматура підсилення зв'язана з арматурою основного конструктивного елементу (рис. 14,9,б). При підсиленні додаванням шарів матеріалу висуваються такі вимоги:

- міцність бетону підсилення повинна бути вище міцності бетону основи;
- вживають заходів з покращення сумісної праці перетинів основи та підсилення.

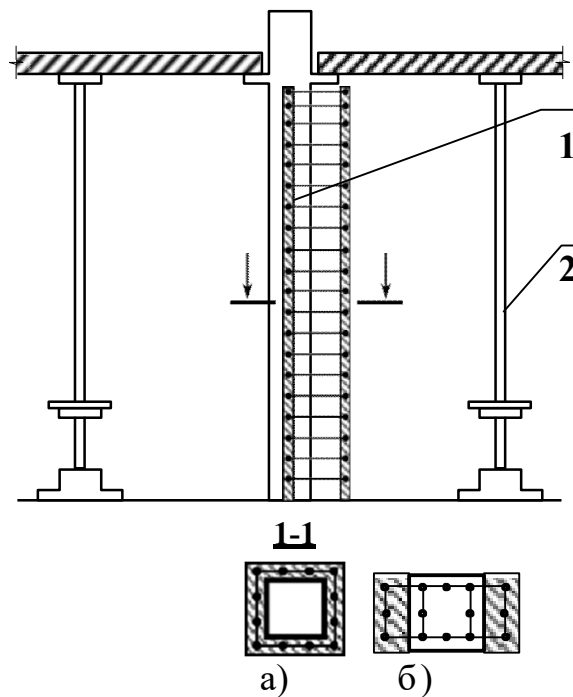
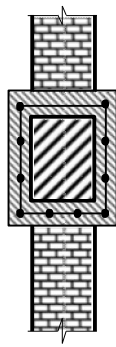


Рисунок 14,9 – Підсилення залізобетонної колони методами:
а) встановлення обойми; б) нарощуванням перетину
3) 1 – колона; 2 – домкрат

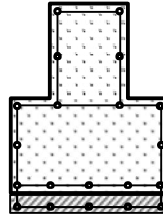
Підсилення стрижневих елементів, що вигинаються

Підсилення стрижневих елементів, що вигинаються (балок, ригелів, прогонів), здійснюється за допомогою:

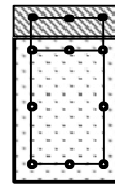
- нарощування їх перетину (рис. 14.10);
 - зміни конструктивної та розрахункової схем підсилення.
- При підсиленні нарощуванням перетину залізобетонних стрижневих елементів використовують методи становлення обойми або додавання шарів матеріалу. При додаванні шарів матеріалу оголяють арматуру стрижня з боку підсилення, арматуру підсилюючої частини приварюють до існуючої, встановлюють опалубку і заливають форму бетоном.



а)



б)



в)

Рисунок 14.10 – Підсилення залізобетонних балок методами збільшення перетину: а) встановлення обойми; б) нарощуванням перетину в розтягнутій зоні; в) нарощуванням перетину у стиснутій зоні

При підсиленні за допомогою зміни конструктивної та розрахункової схем використовують додаткові залізобетонні або сталеві балки і ферми. Крім того, використовують підпірки, тяжі, шпренгельні затяжки, розвантажувальні стрижневі елементи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Васильченко О. В. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : навч. посібник / О. В. Васильченко, Ю. В. Квітковський, О. В. Миргород, О. А. Стельмах. – Харків : ХНАДУ, 2015. – 488 с.
- 2 Васильченко О. В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : навч. посібник / О. В. Васильченко, Ю. В. Квітковський, Ю. В. Луценко, О. В. Миргород. – Харків : НУЦЗУ, 2010. – 372 с.
- 3 Васильченко О. В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навч. посібник / О. В. Васильченко. – Харків, УЦЗ України, 2007. – 257 с.
- 4 Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур : навч. посібник для пожежно-техн. навч. закладів./ Укладачі: А. С. Пушкаренко, О. В. Васильченко – Харків : АПБУ, 2000.– 146 с.
- 5 Кудзис А. П. Железобетонные и каменные конструкции : учеб. для строит. спец. вузов: в 2-х ч. / А. П. Кудзис. – М. : Высш шк., 1988. – 287 с.
- 6 Линович Л. Е. Расчет и конструирование частей гражданских зданий / Л. Е. Линович. – Киев : Будівельник, 1972. – 664 с.
- 7 ДСТУ–Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.
- 8 ДБН В.1.2-9-2008. СНББ. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с.
- 9 ДБН В.1.2-14-2009. СНББ. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с.
- 10 ДБН В.1.2.2:2006 СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 75 с.

Навчальне видання

СКРИПНИК Олена Сергіївна
ІВАЩЕНКО Марина Юріївна

**БУДІВЛІ І СПОРУДИ
ТА ЇХ ПОВЕДІНКА В УМОВАХ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів денної та заочної форм
навчання, першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 263 – Цивільна безпека,
освітня програма «Цивільний захист»)*

Відповідальний за випуск *В. Е. Абракітов*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. С. Скрипник*

План 2019, поз. 94Л

Підп. до друку 09.07.2020. Формат 60 × 84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 9,2
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.