



**Черкаський інститут пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України**

Отрош Ю. А.

Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах пожежі

Навчальний посібник

Черкаси 2016

Рецензент:

О. І. Голоднов, доктор технічних наук, професор.

Отрош Ю. А. Будівлі та споруди і їх поведінка в умовах пожежі : [навчальний посібник] / Отрош Ю. А. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. – 158 с.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти у галузі знань 1702 «Цивільна безпека» за напрямом 6.170203 «Пожежна безпека» та 6.170201 «Цивільний захист».

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА.....	5
РОЗДІЛ 1 МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЇХНЄ З'ЄДНАННЯ.....	6
1.1. Історичний огляд розвитку металевих конструкцій.....	7
1.2. Актуальність забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд.....	18
1.3. Галузі застосування металевих конструкцій.....	23
1.4. Переваги і недоліки металевих конструкцій.....	25
РОЗДІЛ 2 КЛАСИФІКАЦІЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	33
2.1. Класифікація населених пунктів.....	33
2.2. Природно-кліматичні умови.....	34
2.3. Визначення і класифікація будівель та споруд.....	37
РОЗДІЛ 3 КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	48
3.1. Визначення і класифікація будівельних конструкцій.....	48
РОЗДІЛ 4 ЄВРОКОДИ.....	60
4.1. Нормативні документи України.....	60
4.2. Проектування протипожежного захисту будівель та споруд.....	73
4.3. Галузь застосування EN 1991 частина 1.2, EN 1992 частина 1.2, EN 1993 частина 1.2 і EN 1994 частина 1.2.....	76
4.4. Різниця між принципами і правилами застосування.....	78
4.5. Національні додатки та національно зумовлені параметри.....	79
РОЗДІЛ 5 СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СТАЛЕЙ.....	83
5.1. Хімічний склад і технологія виробництва сталі.....	81
5.2. Оцінка властивостей сталі та діаграма деформування сталі.....	86
5.3. Нормативні та розрахункові опори сталі.....	87
5.4. Маркування сталі та вибір марки сталі.....	88
5.5. Вогнестійкість сталей та вплив корозії.....	91

РОЗДІЛ 6 НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ. МЕТОД ГРАНИЧНИХ СТАНІВ.....	96
6.1. Класифікація навантажень та впливів	96
6.2. Сполучення навантажень.....	100
6.3. Основні положення методу граничних станів.....	102
6.4. Нормативні та розрахункові опори матеріалів.....	103
6.5. Розрахунок за першою та другою групою граничних станів.....	103
РОЗДІЛ 7 МЕТАЛЕВІ БАЛКИ.....	109
7.1. Проектування вогнестійкості сталевих конструкцій за EN 1993–12.....	109
7.2. Типи металевих балок та компонування балкових конструкцій...	110
7.3. Перевірка несучої здатності прокатних балок.....	113
7.4. Перевірка жорсткості балок.....	116
РОЗДІЛ 8 МЕТАЛЕВІ КОЛОНИ	120
8.1. Типи металевих колон. Центральні-стиснені колони.....	120
8.2. Наскрізні колони.....	124
8.3. Особливості роботи балок і колон в умовах пожежі.....	127
РОЗДІЛ 9 ВОГНЕЗАХИСТ СТАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	133
9.1. Необхідність вогнезахисту сталевих конструкцій.....	133
9.2. Конструктивні способи вогнезахисту. Вогнезахисна обробка покриттями і складами.....	136
9.3. Структурно-методологічна схема вибору вогнезахисту.....	145
РОЗДІЛ 10 ВОГНЕЗАХИСТ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ	148
10.1. Дерев'яні конструкції, що застосовуються в будівництві.....	148
10.2. Способи підвищення вогнестійкості і довговічності ДК.....	154
ЛІТЕРАТУРА.....	157

ПЕРЕДМОВА

Посібник складено у повній відповідності до чинної програми дисциплін «Будівлі та споруди та їх поведінка в умовах пожежі» та «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій» для курсантів, студентів і слухачів вищих навчальних закладів системи ДСНС. Він охоплює основні питання частини курсів, що стосується металевих та дерев'яних конструкцій. Ці питання входять в програму підготовки за спеціальностями 261 «Пожежна безпека» та 263 «Цивільна безпека», а також розглянуті окремі додаткові питання, які введено до робочих програм залежно від ступеня їхньої актуальності.

Після кожного з розділів наведено тести для перевірки рівня засвоєних знань. Матеріал викладено доступно, з наведенням необхідних ілюстрацій та пояснень.

В посібнику наведено дані щодо історичного розвитку металевих конструкцій, актуальності забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд з металевих конструкцій, галузей застосування та переваги і недоліки металевих конструкцій; щодо класифікації населених пунктів, класифікації будівель та споруд, визначення та класифікації будівельних конструкцій; про нормативні документи України та імплементацію системи Єврокод в нормативну базу України, проектування протипожежного захисту будівель та споруд згідно системи Єврокод; про класифікацію навантажень та впливів; щодо основних типів металевих балок та компонування балкових конструкцій; про основні типи металевих колон, особливості роботи балок і колон в умовах пожежі; про конструктивні способи вогнезахисту; про дерев'яні конструкції, що використовуються в будівництві та способи підвищення вогнестійкості та довговічності дерев'яних конструкцій.

Посібник призначений для систематизації, розширення та закріплення теоретичних знань, а також узагальнення практичних навичок розрахунків сталевих будівельних конструкцій та їх вогнестійкості.

З метою уніфікації всі формули представлено в загальноприйнятих позначеннях.

Розрахунки рекомендується виконувати в одиницях системи SI в відповідності до діючих стандартів, нормативів та довідкової літератури.

Короткий історичний огляд розвитку металевих конструкцій



Розділ 1

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЇХНЄ З'ЄДНАННЯ

1. Історичний огляд розвитку металевих конструкцій.
2. Актуальність забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд.
3. Галузі застосування металевих конструкцій.
4. Переваги і недоліки металевих конструкцій.

1.1. Історичний огляд розвитку металевих конструкцій

Протягом тисячоліть людство поступово розвивало будівельну справу, удосконалювало своє житло та споруджувало більш складні та унікальні будови, основою міцності яких були *несучі будівельні конструкції*.

Поступово в будівництві й архітектурі утверджуються раціональні ідеї використання будівельних матеріалів і конструкцій, вільний вибір стилю та застосування національних особливостей, традицій. Широко впроваджується цегляні матеріали, залізобетон, нові форми сталевих конструкцій у мостах та громадських будівлях [1].

У часи Київської Русі були розроблені правила будівництва, викладені в «Будівельному статуті» й у «Руській Правді» Ярослава Мудрого (1020 р.).

Застосування металевих конструкцій у будівництві завжди визначалося рівнем розвитку металургії та металообробки. Найпростіші конструкції із заліза були відомі ще в глибоку давнину. Метал у будівництві почали застосовувати з XI століття для в'язей (затяжок) кам'яних аркових склепінь церков та соборів.

До кінця XVIII століття в будівництві застосовувалися ковані бруски з кричного заліза, з'єднані на замках і скріпах горновим зварюванням. Спочатку їх використовували тільки як затяжки кам'яних склепінь, а з XVII століття – також як крокви і елементи каркасів куполів.

З XVIII століття в будівництві мостів, шпилів, веж, перших промислових будинків почали застосовувати чавун, з якого відливали несучі конструкції колон, арок і ферм. Замість кам'яних і цегляних стовпів стали використовувати чавунні, а також замість дерев'яних балок, кам'яних і цегляних склепінь, особливо з відкриттям промислових способів виробництва й обробки чавуну і сталі.

Залізні затяжки куполів використовувалися з XII століття (Успенський собор у Володимирі, 1158 р.).

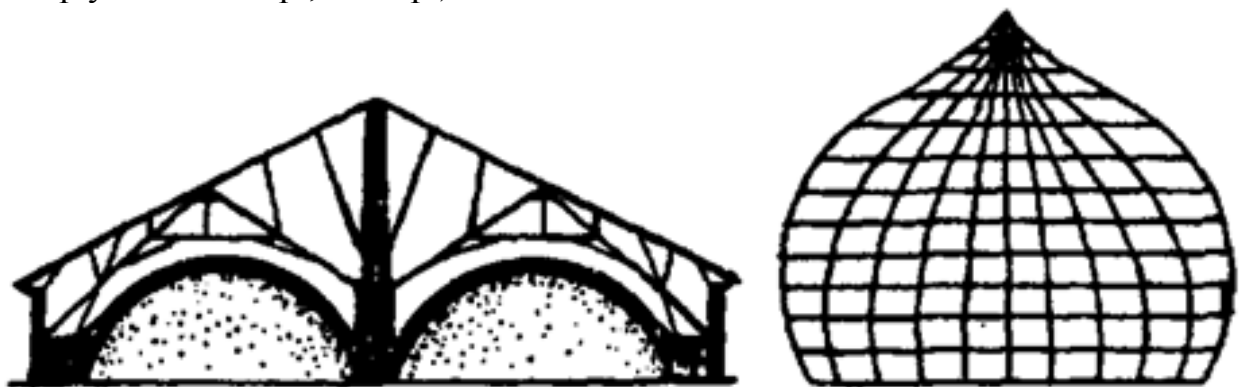


Рисунок 1.1 – Успенський собор у Володимирі, 1158 р.



Рисунок 1.1 – Успенський собор у Володимирі, 1158 р.

Купол Ісаакіївського собору в Петербурзі (40-ві роки XIX століття) зібраний з чавунних косяків (рис. 1.2, 1.3).

Перекрыття Зимового палацу (1837 р.) виконано у вигляді трикутних залізно-чавунних ферм прольотом 12,9 м.

Миколаївський міст в Петербурзі з вісьмома арочними прольотами від 33 до 47 м (50-ті роки XIX століття) є найбільшим чавунним мостом світу.

У другій половині XIX століття були розроблені основні способи промислового виробництва литої сталі: бесемерівський (1856 р.), мартенівський (1864 р.), томасівський (1878 р.). З їхнім впровадженням отримало розвиток виробництво листових, кутникових і двотаврових прокатних профілів.

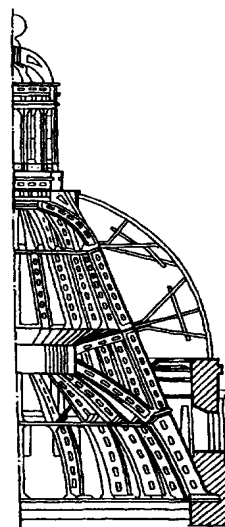


Рисунок 1.2 – Купол Ісаакіївського собору в Петербурзі (40-ві роки XIX століття)



Рисунок 1.3 – Ісаакіївський собор в Петербурзі

У цей період виникає наука про металеві конструкції. Сталь поступово витісняє чавун з будівельних конструкцій.

З кінця XIX століття під час будівництва в Україні залізниць, металургійних і машинобудівних заводів широко почали застосовувати металеві конструкції, наприклад, у 1872 р. в Донбасі, на заводі англійського капіталіста Д. Юза, під час будівництва доменних, мартенівських, механічних цехів [1].

Металеві конструкції широко застосовувались для промислового будівництва в Катеринославі, Кам'янському (Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ), а також на двох великих металургійних заводах у Маріуполі.

Перші відомості про застосування металу в каркасах цивільних будов в Україні належать до 1870 р. Це експериментальне будівництво житлових споруд в Інкермані (Крим), а також реконструкція Андріївського собору в Києві (1892 р.) із заміною пошкоджених дерев'яних несучих конструкцій купола на металеві.

У 30-х роках XIX століття з'являються заклепочні з'єднання. В 1889 р. для Всесвітньої виставки в Парижі зводять Ейфелеву вежу висотою 300 м (рис. 1.4).

Металеві конструкції покриття були застосовані у великих театрах, побудованих в Києві, Львові, Одесі.

Для перекриття залу глядачів міського театру в Києві використані металеві кроквяні ферми прольотом 17,8 м, верхній пояс яких мав параболічні обриси і складався з двох кутників 75x100 мм.

В Одесі у 1903 р. зведено будинок Кредитного товариства, несучими конструкціями покрівлі якого були сталеві кроквяні ферми.



Рисунок 1.4 – Ейфелева вежа висотою 300 м

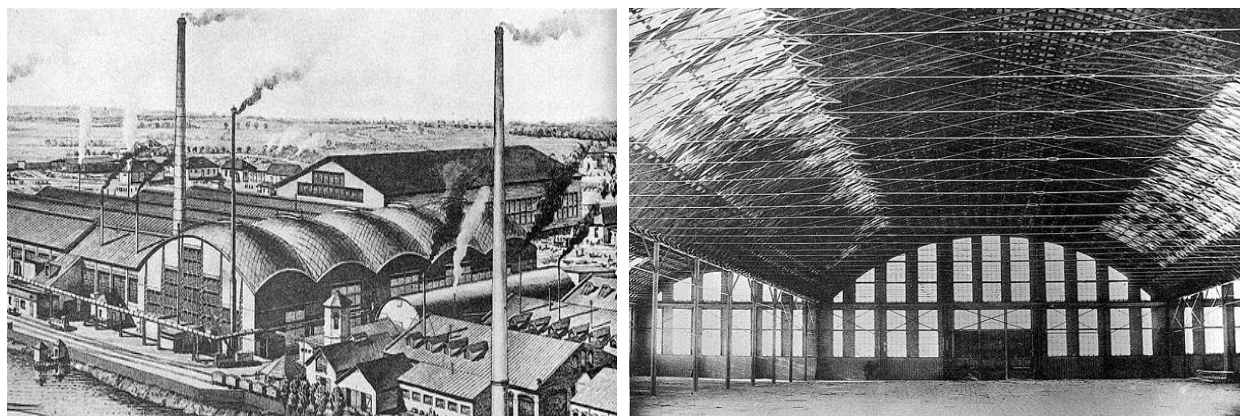


Рисунок 1.5 – Покриття заводу в м. Вика - перша просторова конструкція (сітчаста оболонка) за проектом Шухова В. Г.

У зв'язку із зростанням залізниць інтенсивно розвивається металеве мостобудування (рис. 1.6, 1.7). Розроблені в мостобудуванні принципи проектування переносяться на промислові і цивільні об'єкти.

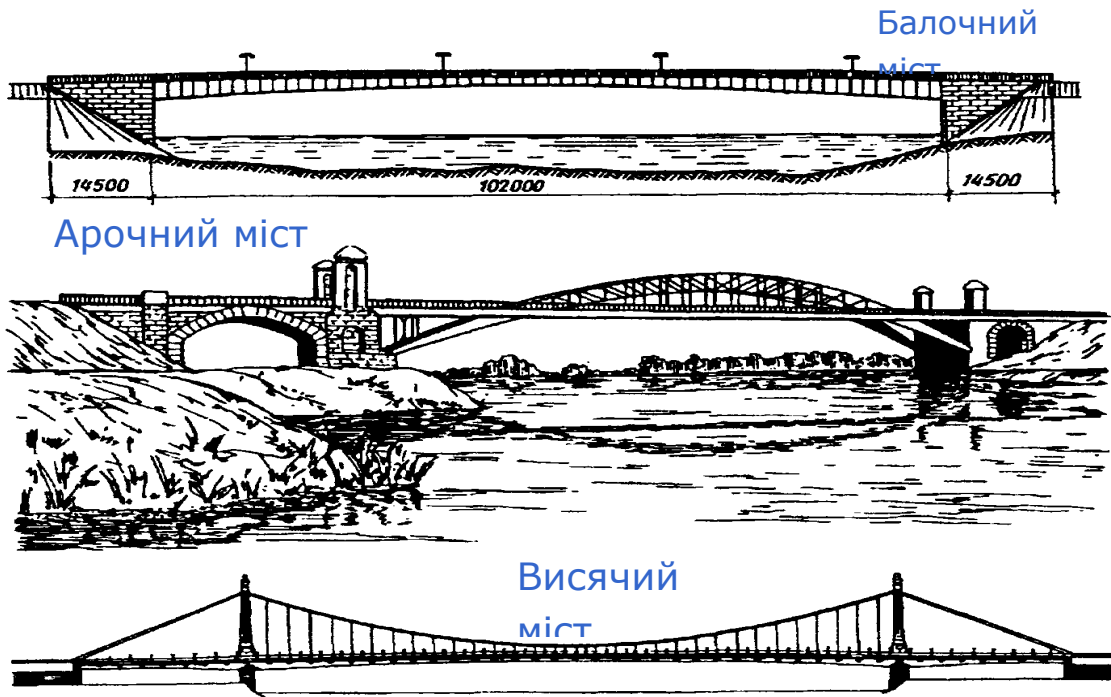


Рисунок 1.6 – Мости зі сталі

У 1897 р. почалося будівництво Оперного театру в Львові. У перекриттях сценічної частини тут застосовані ґратчасті двошарнірні арки прольотом 20 м і висотою 10 м, а для залу глядачів – кроквяні ферми прольотом 20 м, висотою 2,215 м [1].

З металевих конструкцій виконані перекриття Одеського оперного театру – одного з найбільших театрів Європи на той час, а також перекриття багатьох драматичних театрів України. Прикладом використання оригінальних металевих конструкцій є Бессарабський ринок у Києві (1912 р.). Несучі конструкції ринку – високі сталеві тришарнірні наскрізні арки прольотом 29,5 та висотою 18 м.



Рисунок 1.7 – Стальний міст через р. Дніпро та стальна телевізійна вежа (м. Черкаси)

Перші висячі сітчасті покриття були представлені на Всеросійській промисловій виставці (Нижній Новгород, 1896 р.) за проектами Шухова В. Г.

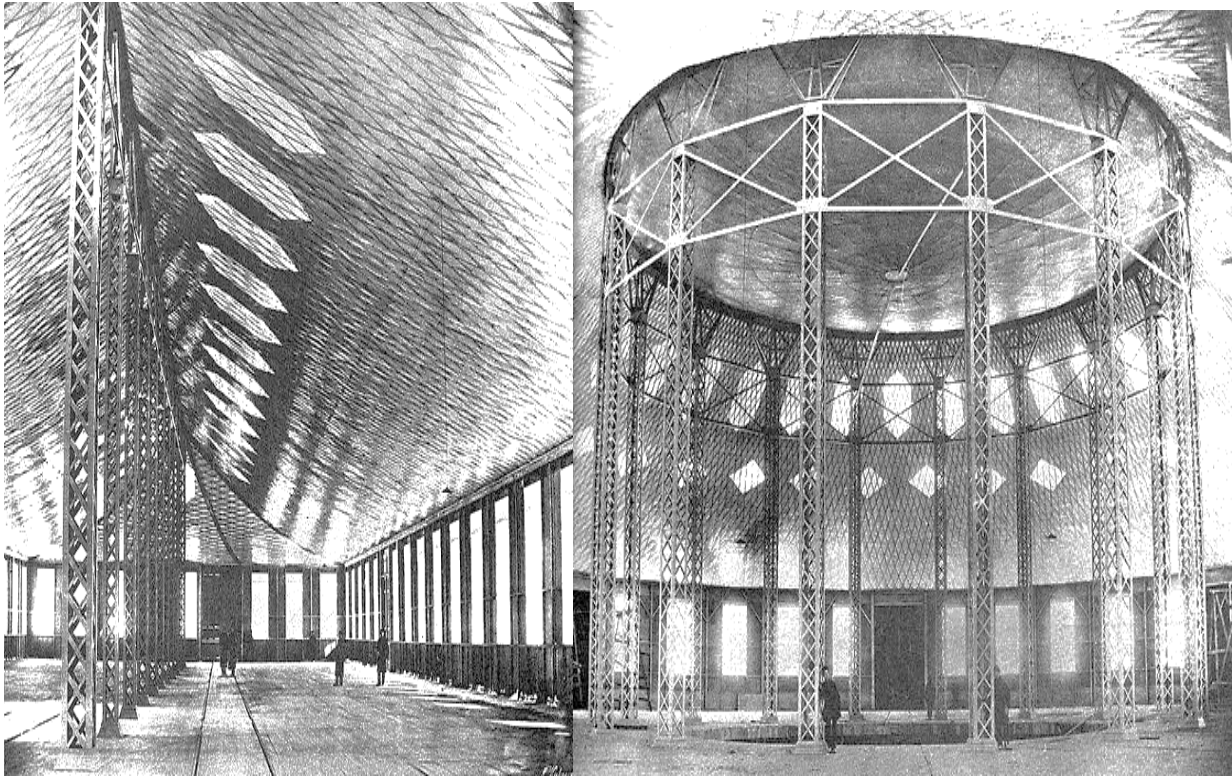


Рисунок 1.8 – Перші висячі сітчасті покриття за проектом Шухова В. Г.

У 1914 р. за проектом В. Г. Шухова була побудована рамно-арочна конструкція дебаркадера Київського вокзалу в Москві. В. Г. Шухов також спроектував арочні покриття ГУМу, Петровського пасажу, готелю «Метрополь» (Москва) (рис. 1.9-1.11).

Зведена не так давно телевежа Гаунчжоу (Китай) вразила світ своєю красою та вишуканістю. Висота цього китайського велетня 610 метрів. Основою споруди стала гіперболоїдна конструкція.

Україна теж має подібні унікальні конструкції – водонапірні вежі і маяки, виконані за тією ж технологією.

У м. Черкаси на території водоканалу розташований унікальний пам'ятник архітектури – одна з перших у світі гіперболоїдних конструкцій – сталева дивовижної краси гіперболоїдна водонапірна вежа, яка була побудована за проектом інженера В. Г. Шухова (рис. 1.15).

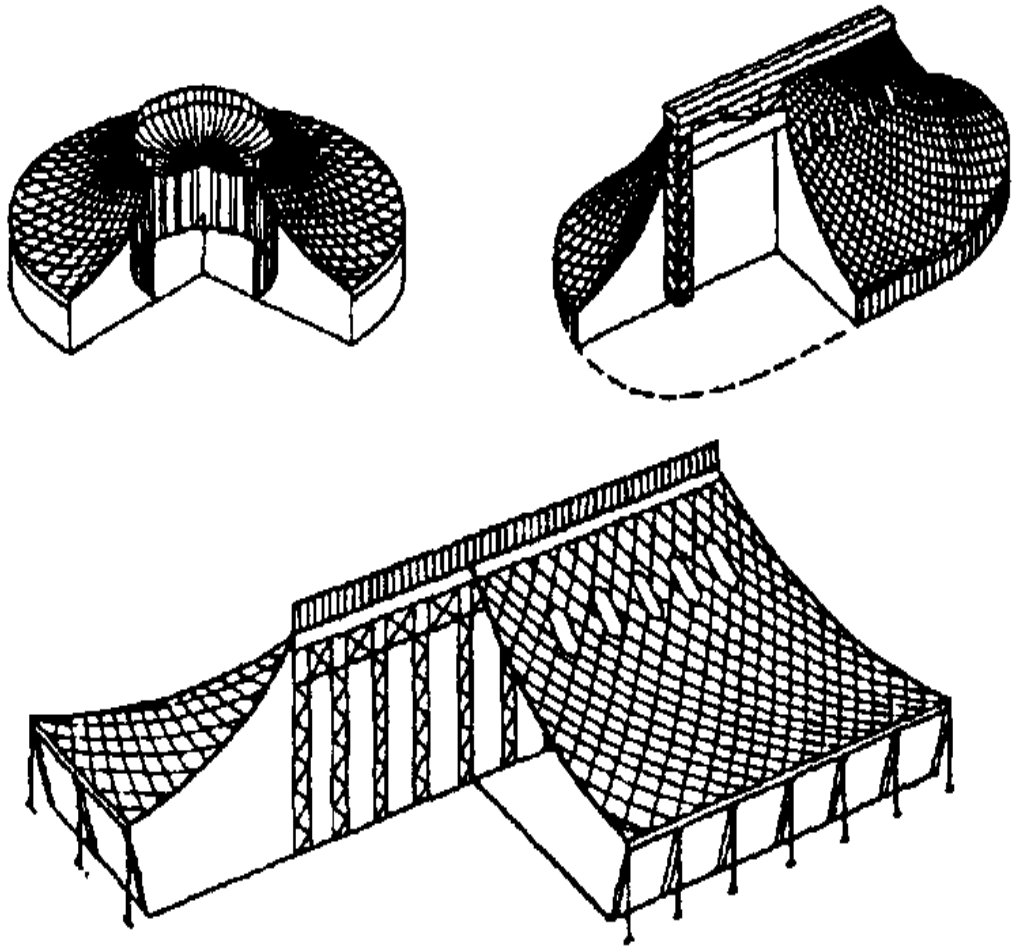


Рисунок 1.9 – Перші висячі сітчасті покриття, представлені на Всеросійській промисловій виставці (Нижній Новгород, 1896 р.) за проектом Шухова В. Г.

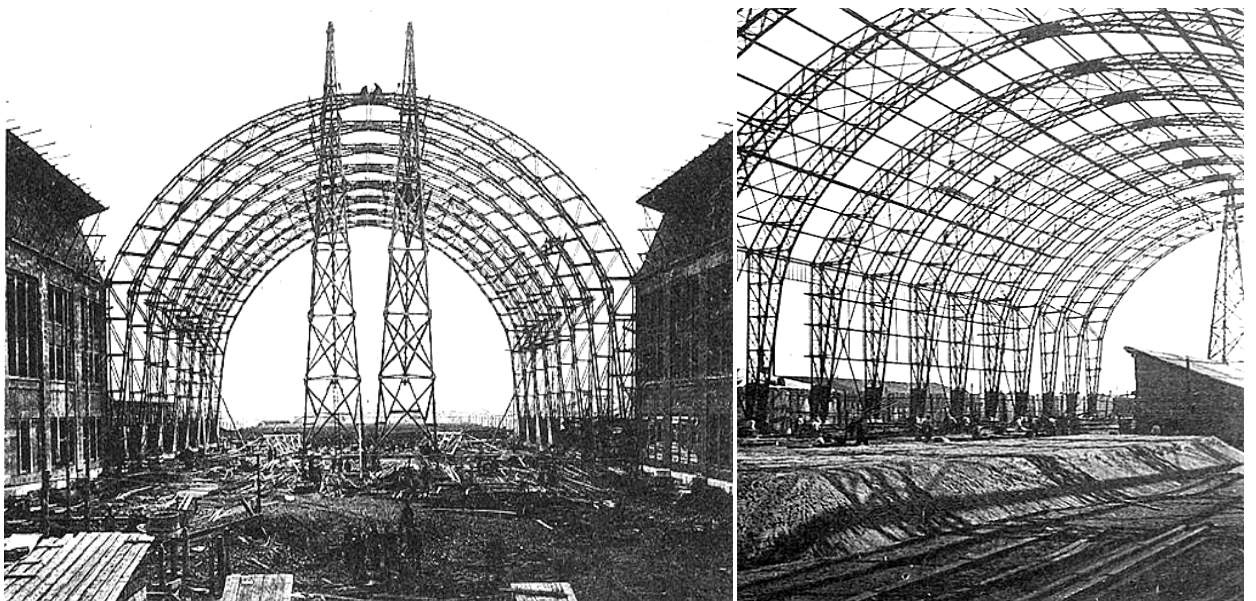


Рисунок 1.10 – Рамно-арочна конструкція дебаркадера Київського вокзалу в Москві (1914 р.)



Рисунок 1.11 – Рамно-арочна конструкція дебаркадера Київського вокзалу в Москві (1914 р.)



Рисунок 1.12 – Плавучі маяки

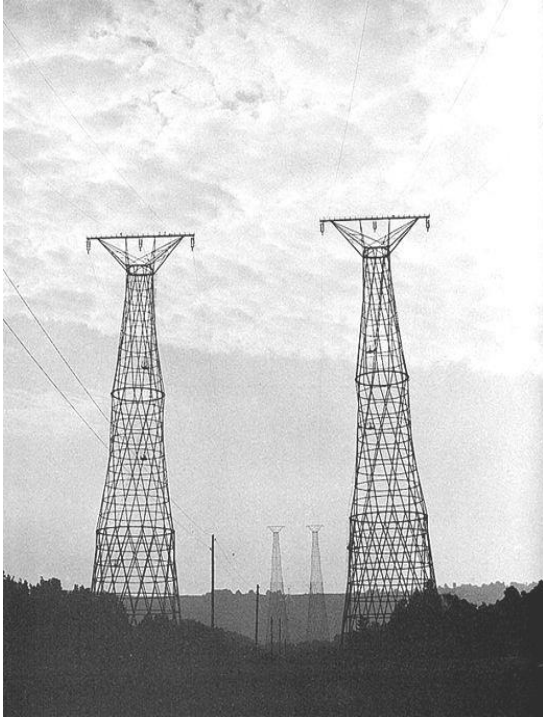


Рисунок 1.13 – Сітчасті гіперболоїдні вежі різного призначення



Рисунок 1.14 – Шаболовська вежа в Москві (1922 р.)

Таких веж у світі залишилося всього 11 з більш ніж двохсот, побудованих В. Г. Шуховим. Висота зведеної в 1911 році вежі – 34 метри, а водомісткість – 20000 відер. На той час цього вистачало для того, щоб подавати воду всім Черкасам і залишати ще 1,2 тисячі відер для постійного пожежного резерву. У грудні 1944-го вежа була зруйнована. Її відновили тільки в 1949 році. Тепер цю вежу місто не експлуатує, але дуже нею пишається.



Рисунок 1.15 – Гіперболоїдна водонапірна вежа (м. Черкаси)

Металеві конструкції широко застосовували і в будівлях залізничних вокзалів. Дебаркадер Львівського залізничного вокзалу має перекриття у вигляді двопролітних металевих наскрізних аркових систем.

У США набуло поширення висотне будівництво [1].

Перший багатоповерховий будинок (8 поверхів) зі сталевим каркасом було побудовано в 1891 р. в м. Чикаго. А вже в 1931 р. в центрі Нью-Йорка за 15 місяців був побудований «Емпайр Стейт» висотою 312 м з причальною вежею для дирижаблів висотою 62 м. У 40-х роках ХХ-го століття заклепочні з'єднання майже повністю замінюються зварними – більш легкими, технологічними і економічними. Подальший розвиток металоконструкцій пов'язано із збільшенням прольотів і поверховості споруд, зростанням навантажень на них. Впроваджуються сталі підвищеної міцності, розробляються полегшені металеві конструкції, удосконалюються методики розрахунку і конструювання.

У 1935 –1941 рр. значні дослідження у галузі міцності металевих конструкцій були виконані під керівництвом Н. В. Карнаухова за участю П. М. Варвака, А. П. Роковицана, А. І. Стрельбицької, В. Г. Чудновського.

У середині 30-х років завідувач кафедри металевих конструкцій КІБІ Н. Д. Жудін, відомий вчений у галузі будівельної механіки і конструкцій, запропонував розрахунок сталевих конструкцій з урахуванням розвитку пластичних деформацій [1]. Підвищенню технологічності металоконструкцій присвячені праці М. М. Сахновського (ПДАБА), економіці й оптимальному проектуванню – праці Я. М. Ліхтарникова, Д. В. Ладиженського (Донбаська державна академія будівництва та архітектури (ДДАБА)).

Проблеми розрахунку тонкостінних сталевих конструкцій і оболонки досліджував С. П. Кан (ХНАМГ). У різні роки в Харківському державному технічному університеті будівництва і архітектури (ХДТУБА) працювали відомі вчені — професори Г. А. Петров, О. П. Мchedov-Петросян, В. А. Трубін, С. Е. Фрайфельд, А. С. Уловайський, А. А. Тіп, П. С. Колобков та інші.





Рисунок 1.17 – Будівництво «Емпайр Стейт» - «восьмого дива світу»



Рисунок 1.18 – Висячий міст «Золоті ворота» (Сан-Франциско, 1937), середній проліт – 1237 м

Досліджував і розробляв конструкції з маловуглецевих термозміцнених сталей, запропонував теорію надійності сталевих резервуарів А. А. Сильвестров (ПДАБА) [1].

Протягом останніх десятиліть у Донецькій академії будівництва і архітектури Є. В. Горохов створив наукову школу розрахунку, проектування та застосування опор ліній електропередач високої напруги та забезпечення корозійної стійкості будівельних конструкцій (В. П. Корольов, В. Ф. Мушанов, Є. В. Шевченко). Оригінальні наукові дослідження в галузі

будівельних конструкцій виконали відомі вчені України В. Н. Ярин, Н. А. Буданов, І. І. Улицький, Я. Д. Лівшиц, С. Е. Фрайфельд, А. С. Курилло, Є. Ф. Лисенко, Л. М. Поляков, М. С. Торяник, І. Є. Прокопович, А. Я. Барашиков, А. Б. Голишев, С. Н. Клепіков, О. Е. Лопатто, Ф. Є. Клименко, О. І. Голоднов, Л. І. Стороженко, О. Л. Шагін, А. П. Кричевський, П. Ф. Вахненко, С. Ф. Пічугін, В. А. Пахомов, Л. М. Фомиця, С. А. Фомін, В. С. Шмуклер, В. П. Шевельов, М. А. Цейтлін, Б. Г. Гнідець, В. І. Бабич, Е. Д. Чіхладзе, В. С. Дорофєєв, А. Д. Ліберман, В. Д. Таїров, В. І. Скатинський, В. С. Шebанін, В. В. Фурсов.

Завдяки зусиллям вчених, проєктантів і будівельників України зведено вугільні шахти Донбасу, гірничо-збагачувальні комбінати Криворіжжя, металургійні заводи-велетні Запоріжжя, Дніпропетровська, хімічні та інші підприємства. Побудовані теплові, атомні й гідроелектростанції, транспортні споруди, зокрема чимало великих металевих і залізобетонних мостів через Дніпро, метрополітени в Києві, Харкові та Дніпрі.



Рисунок 1.19 – Taipei 101 (Тайбей), Тайвань (2003 р.), 101 поверх, висота – 509 м



Рисунок 1.20 – Petronas Twin Towers (Петронас) Малайзія (1988 р.), 88 поверхів, висота – 452 м

1.2 Актуальність забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд

Не дивлячись на технічний прогрес у будівництві та техніці для ліквідації пожеж, і в наші дні пожежі не стали менш небезпечними. Масштабні трагедії, пов'язані з пожежами, забирають і зараз тисячі життів, а також призводять до мільйонних збитків.

До таких наслідків привели: пожежа в Сан - Паулу (1 лютого 1974 р.) в 24-поверховому будинку на 12 поверсі, яка призвела до загибелі 179 людей і травмування близько 300; пожежа в Готелі « Росія » (Москва), що сталася 25 лютого 1977 р., забрала 42 людські життя.

Пожежа в місті Карамай (Китай) сталася в Палаці культури «Зал Дружби» 8 грудня 1994 р., та призвела до загибелі 323-х осіб, з яких 288 – діти. Пожежа, що сталася в 2-х хмарочосах-близнюках Всесвітнього торгового центру в Нью-Йорку внаслідок терористичного акту 11 вересня 2001 року, яка призвела до їх обвалення і загибелі близько 3-х тисяч осіб. Пожежа у хмарочосі «Віндзор » в Мадриді 14 квітня 2005 р. призвела до повного обвалення конструкцій будівлі.



Рисунок 1.21 – Пожежа на гелієвому заводі

Пожежа в Росії на підприємстві «Оренбурггазпром», 21.08.2004 р., аварія з ефектом «доміно» на гелієвому заводі, де 1 чоловік загинув (пожежний), 8 травмовано.

Англія, Лондон, 11.12.2005 р. Найбільш велика з часів другої світової війни промислова пожежа на нафтоосховищі Vansfield. В загальному випадку вогнем були охоплені 20 сталєних резервуарів з паливом. Постраждало 43 людини.

На буровій нафтодобуваючій платформі "DeepWater Horizon", яка складається зі сталєних конструкцій, відбувся вибух метану та пожежа, яка продовжувалася 36 годин, після чого платформа затонула, 11 чоловік загинули та 17 постраждали. Аварія супроводжувалась тривалим (87 днів) та масштабним (до 4,9 млн. барелів) забрудненням нафтою акваторії Мексиканського заливу.



Рисунок 1.22 – Пожежа на нафтоскховищі Vansfield



Рисунок 1.23 – Пожежа на буровій нафтодобуваючій платформі "DeepWater Horizon"

Наслідки аварії на резервуарному парку «Конда» ВАТ «Сибнафтопровід» АК «Транснафта» 22.08.09 р. – загинуло 4 пожежних, зруйновано 3 сталевих резервуари, збиток підприємству - 146,2 млн. рубл.



Рисунок 1.24 – Пожежа на резервуарному парку

Удар блискавки в резервуар РВС-20000 № 7 → загоряння нафти → вибух РВС-20000 № 8 → викид палаючої нафти → займання РВС-20000 № 5 → викид палаючої нафти → займання РВС-20000 № 4, НПС-2.

СРСР, Уфа, 4.06.1989 р. – аварія на трубопроводі. Загинуло або важко постраждало 1224 пасажери двох потягів. Площа, вкрита хмарою – 2.5 км².



Рисунок 1.25 – Аварія на трубопроводі

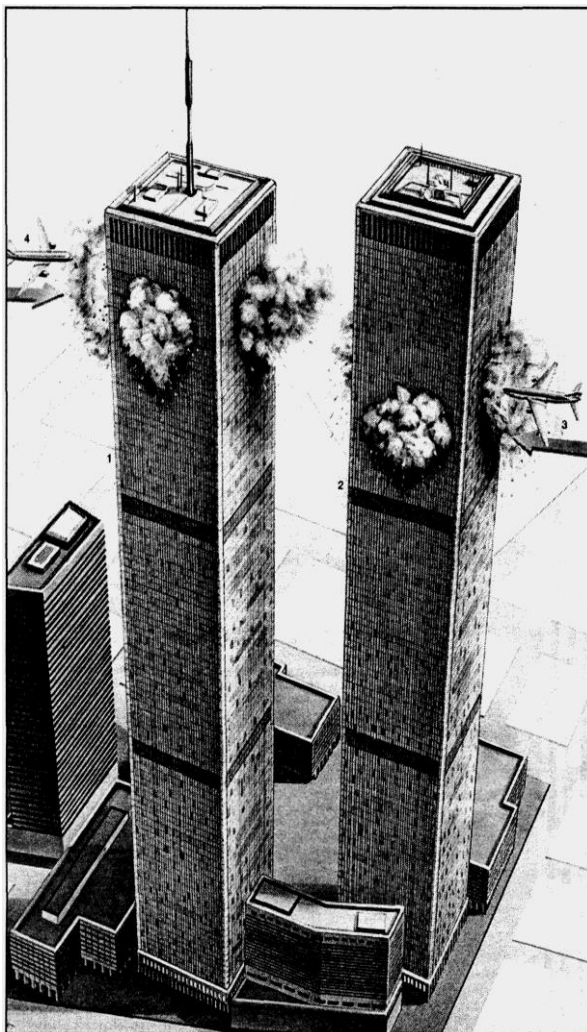
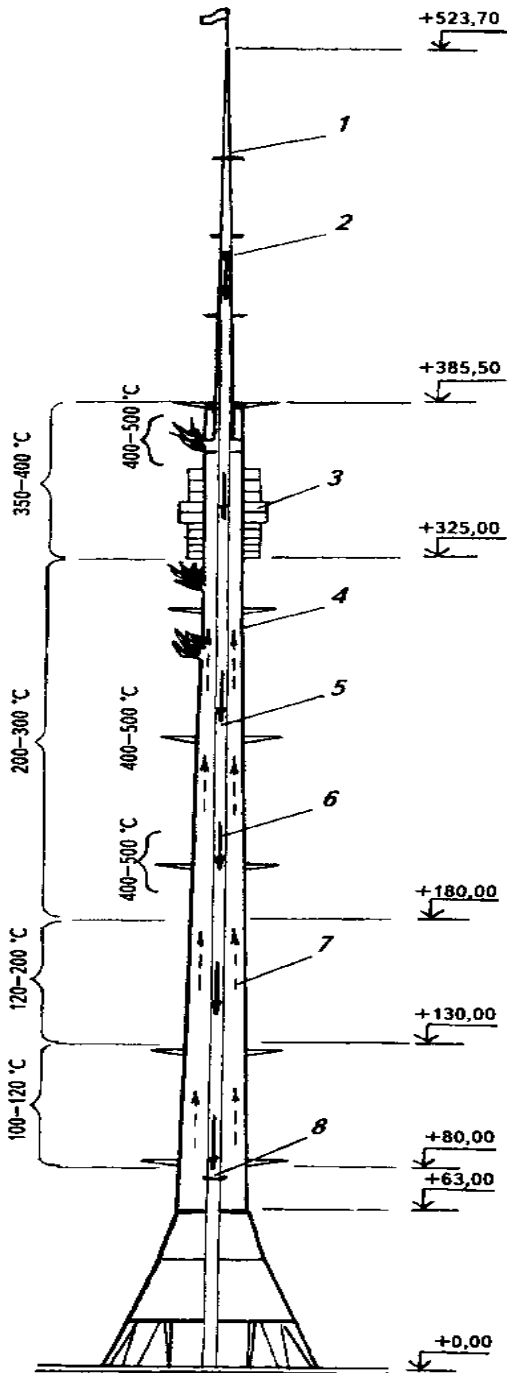


Рисунок 1.26 – Пожежа в будівлі Всесвітнього торгового центру в Нью-Йорку (2001 р.)

При проектуванні будівель Всесвітнього торгового центру було проведено розрахунок на міцність від удару літака (Боїнг-707, вага – 150 т). Кожна башта витримала удар літака Боїнг-767, який важив приблизно на 30 т більше. Пожежа почалася від вибуху палива в баках літаків, які були заповнені на 70%. Температура 1000 ... 1200 °С викликала швидке нагрівання сталевих колон і ригелів, через що вони втратили свою міцність і сталося лавиноподібне руйнування веж (відповідно через **103** і **62** хвилини після удару).



Пожежа на Останкінській телевізійній вежі (2000 р.). Схема поширення пожежі на Останкінській телевізійній вежі (2000 р.):

- 1 – металева антена;
- 2 – вогнище спалаху (27 серпня, 14 година);
- 3 – ресторан і оглядові майданчики;
- 4 – залізобетонний стовбур вежі;
- 5 – шахта високочастотних фідерів;
- 6 – напрям горіння ізоляції фідерів;
- 7 – напрям теплового потоку;
- 8 – місце гасіння пожежі (28 серпня, 12 година);
- 100–500 °С – температура нагріву внутрішньої поверхні бетону стовбура вежі.

Враховуючи масштабність катастроф, пов'язаних з пожежами, захист людей та матеріальних цінностей від цього стихійного лиха є найважливішим державним завданням, яке актуальне для України.

Рисунок 1.27 – Пожежа на Останкінській телевізійній вежі (2000 р.)

1.3. Галузі застосування ме-талевих конструкцій

Основні матеріали для будівельних конструкцій у сучасному будівництві: бетон, залізобетон, металеві матеріали, дерев'яні матеріали, полімерні матеріали. Ці матеріали застосовують також у поєднанні один з одним. Більшість будівельних конструкцій виготовляють із залізобетону і металу. Металеві конструкції застосовуються сьогодні у всіх видах будівель і інженерних споруд, особливо якщо необхідні значні прольоти, висота і навантаження.

В залежності від конструктивної форми і призначення металеві конструкції можна розділити на вісім видів.

1. Промислові будівлі. Конструкції одноповерхових промислових будівель виконуються у вигляді суцільнометалевих або змішаних каркасів, у яких по залізобетонних колонах устанавлюються металеві конструкції покриття будівлі і підкранові балки. Суцільнометалеві каркаси в основному застосовуються в будівлях з великими прольотами, висотою або обладнаних мостовими кранами великої вантажопідйомності. Розміри в плані їх дуже різноманітні: від декількох десятків метрів до 1 км і більше.

Виробничі будівлі зазвичай обладнують вбудованими транспортними засобами у вигляді конвеєрів, підвісних або мостових опорних кранів.

2. Великопролітні покриття будівель. Будівлі суспільного призначення (спортивні споруди, ринки, виставкові павільйони), театри і деякі будівлі виробничого характеру (ангари, авіаскладальні цехи, лабораторії) мають великі прольоти (до 100-150 м), перекривати які найбільш доцільно металевими конструкціями. Системи і конструктивні форми великопролітних покриттів дуже різноманітні.

3. Мости, естакади. Мостові металеві конструкції на залізничних і автомобільних магістралях застосовуються при великих, а у віддалених районах і при середніх прольотах. Як і великопролітні покриття, мости мають різноманітні системи: балкову, аркову, висячу, комбіновану. Прогонні будови мостів на залізничних і автомобільних дорогах виконують з металу при великих (до 1 км і більше), а також середніх (30 ... 60 м) прольотах. В останньому випадку сталевим мостам віддають перевагу при стислих термінах зведення і при будівництві на стратегічних дорогах, з огляду на можливість їх швидкого відновлення.

4. Листові конструкції у вигляді резервуарів, газгольдерів, бункерів, трубопроводів великого діаметра і різних споруд доменного комплексу, хімічного виробництва і нафтопереробки.

Листові конструкції є тонкостінними оболонками різної форми і повинні бути не тільки міцними, але і щільними (непроникними); вони часто експлуатуються в умовах низьких або високих температур; сталь і алюмінієві сплави добре задовольняють цим умовам роботи. Резервуари

служать для зберігання нафтопродуктів, води, зріджених газів, кислот, спиртів і інших рідин. Застосовують резервуари різної форми і розмірів з обсягом, що досягає 200 тис. м³. Серед них вертикальні циліндричні, горизонтальні циліндричні та сферичні резервуари, резервуари з понтоном, з плаваючим дахом і багато інших.

Газгольдери призначені для зберігання, змішування і вирівнювання складу газів. Їх включають у газову мережу між джерелами отримання газу і його споживачами як своєрідні акумулятори. Застосовують газгольдери постійного обсягу, в яких газ зберігають при високому тиску, і газгольдери змінного об'єму зі зберіганням газу при низькому постійного тиску. Змінність обсягу забезпечують рухомими ланками або шайбою, яка, подібно до поршня в циліндрі, переміщається по стінці газгольдера. Місткість газгольдерів змінного об'єму досягає 600 тис. м³.

Бункери і силоси представляють ємності, призначені для зберігання і перевантаження сипучих матеріалів. Силоси відрізняються від бункерів порівняно великим відношенням висоти до розмірів у плані. Групи бункерів зазвичай об'єднують у бункерні естакади.

5. Вежі і щогли застосовуються для радіо і телебачення, у геодезичній службі, в опорах ліній електропередачі. Сюди ж можна віднести надшахтні копри, нафтові вишки, димові і вентиляційні труби, промислові етажерки. Застосування сталі забезпечує цим конструкціям необхідну легкість, зручність транспортування на місце будівництва і швидкість монтажу. Велику групу подібних конструкцій становлять антенні пристрої для телебачення, радіомовлення та багатоканального телефонного зв'язку. При передачі середніх хвиль щогла висотою 200...500 м може виконувати функції випромінювача. У інших випадках вежі і щогли служать для розміщення на певній висоті дротяної мережі або спеціальних антенних пристроїв.

Опори повітряних ліній електропередачі служать для передачі електроенергії по проводах, що прикріплені до опор через гірлянди ізоляторів. Для захисту від блискавки над проводами розміщують блискавкозахисні троси. Висока напруга електричного струму, що передається по проводах, вимагає значного віддалення проводів один від одного і від землі, тому висота опор становить 20 ... 40 м, а при переході лінії через перешкоди може досягати 150 м і більше. Вежі морських стаціонарних платформ для видобутку нафти і газу встановлюють на континентальному шельфі морів і океанів. Прикріплена за допомогою паль до морського дна башта підтримує штучний острівець, на якому розміщені бурова вежа, майстерні, вертолітний майданчик, житлові приміщення і інше.

6. Каркаси багатопверхових будівель. Багатопверхові будівлі з металевим каркасом застосовуються головним чином у цивільному будівництві, в умовах щільної забудови великих міст і для деяких видів промислових будівель.

7. Кранові і інші рухливі конструкції виконуються з матеріалу, що дозволяє максимально зменшити їхню вагу. Сюди відносяться металеві конструкції мостових, баштових, козлових кранів і кранів-перевантажувачів, конструкції великих екскаваторів і різноманітних будівельних машин, затвори і ворота гідротехнічних споруд.

8. Інші конструкції, до яких у першу чергу можна віднести конструкції, що використовуються на підприємствах з використання атомної енергії в мирних цілях, різноманітні конструкції радіотелескопів, стаціонарні платформи для розвідки і видобутку газу і нафти в морі і багато інших.

1.4 Переваги і недоліки металевих конструкцій

Основні переваги металевих конструкцій, які дозволяють застосовувати їх у різних спорудах:

1) висока несуча здатність. Металеві конструкції можуть витримувати значні навантаження при відносно невеликих перерізах внаслідок великої міцності металу;

2) висока надійність. Завдяки однорідності структури металу і його пружним властивостям металеві конструкції можна розраховувати найбільш точно, що дозволяє забезпечити надійність роботи проекрованої споруди;

3) легкість і транспортабельність у порівнянні з конструкціями із залізобетону, каменю і дерева. Високі механічні якості металу дозволяють допустити в ньому високі напруження і в порівнянні з перерізами з інших матеріалів перерізи металевих конструкцій виходять більш легкими при тих самих зусиллях (табл. 1.1);

Легкість конструкцій кількісно характеризується відношенням розрахункового опору R до питомої ваги γ матеріалу. Найбільш легкими є металеві конструкції; дерев'яні виявляються важчими приблизно в **1,5 ... 2 рази**, залізобетонні - в **4...10 разів**; кам'яні - в **20 ... 40 разів** (табл. 1.2).

4) суцільність матеріалу і з'єднань, що дозволяє створювати водонепроникні і газонепроникні конструкції. Метал володіє великою густиною, тобто непроникністю для рідин та газів;

5) індустріальність, яка досягається виготовленням конструкцій на спеціалізованих заводах і високомеханізованим їх монтажем на місці зведення споруди.

Крім того, металеві конструкції зручні в експлуатації, тому що легко можуть бути посилені при збільшенні навантажень, найбільш повно використовуються при реконструкціях, легко ремонтуються.

Таблиця 1.1 – Порівняння легкості конструкційних матеріалів

Матеріал	Густина, кг/м ³	Питома вага γ , кН/м ³	Розрахунковий опір R, МПа	$R/\gamma \cdot 10^3$, м
Сталь звичайної міцності С245	7850	78,5	230	2,93
Сталь підвищеної міцності С375	7850	78,5	325	4,14
Алюмінієвий сплав зміцнений 1915Т	2750	27,5	200	7,27
Бетон класу В30	2400	24	17	0,71
Деревина (сосна) 2- го сорту	600	6	13	2,16
Кладка з цегли М100 на розчині М25	1800	18	1,3	0,072

Недоліками металевих конструкцій є:

1) схильність сталевих конструкцій до **корозії**, що вимагає спеціальних заходів щодо захисту. Не захищена від вологої атмосфери або агресивних газів сталь кородує (окисляється), що призводить до руйнування конструкцій;

2) **мала вогнестійкість**. При температурах понад 400°C для сталей і понад 200°C для алюмінієвих сплавів починається повзучість матеріалу (істотний розвиток пластичних деформацій при постійному навантаженні). Висока міцність матеріалу зумовлює відносно малі перерізи елементів конструкцій.

Водночас метал володіє високою теплопровідністю, тому при пожежі несучі конструкції зі сталі та алюмінієвих сплавів швидко нагріваються до температури переходу металу в пластичний стан і настає руйнування. Отже, вогнестійкість металевих конструкцій незначна, що є одним з їхніх недоліків.

Більшість будівельних металевих конструкцій виготовляють з прокатної сталі, її частка становить близько 95 % всього обсягу металевих конструкцій; конструкцій з алюмінієвих сплавів — близько 5 %, а виливків зі сталі та чавуну – менше 1 %.

Таблиця 1.2 – Порівняння конструкцій з різних матеріалів

Показники	Види конструкцій			
	залізобетонні	металеві	дерев'яні	кам'яні
Легкість	важкі	легкі	середні	дуже важкі
Вогнестійкість (без вогнезахисту)	висока	не вогнестійкі	Вогнестійкі, але такі, що можуть загорітися	дуже висока
Атмосферостійкість	достатня	схильність до корозії	схильність до гниття	достатня
Хімічна стійкість	в ряді випадків не достатня	слабка	майже висока	достатня
Експлуатаційні витрати	майже відсутні	необхідність періодичного фарбування	необхідність відновлення захисних покриттів проти гниття та вогню	майже відсутні
Ремонтно-придатність	складнощі при посиленні	висока	висока	складнощі при посиленні

Однак необхідно зазначити, що обсяги використання алюмінієвих сплавів у будівництві зростають з року в рік. Цьому сприяє збільшення виробництва алюмінію та зниження його вартості. Переваги алюмінієвих сплавів – значно ширша сировинна база, менша щільність, вища корозійна стійкість, простота формоутворення профілів, вища транспортабельність.

Алюмінієві сплави порівняно зі сталевими мають такі позитивні властивості:

- Більш легкі;
- Більш висока корозійна стійкість (в 10 ... 20 разів вище);
- Не створюють іскор при ударі.

Алюмінієві сплави порівняно зі сталевими мають такі негативні властивості:

- Підвищена деформативність (модуль пружності в 3 рази менше);
- Більш низька вогнестійкість;
- Більш висока вартість.

Переваги та недоліки металевих конструкцій можна виявити у порівнянні з конструкціями з інших матеріалів.

Первинним елементом сталевих конструкцій є прокатна сталь (листова або профільна). З неї виготовляють конструктивні елементи (балки, колони).

Прокатну сталь поділяють на дві групи:

1) Сталь листова тонка або товста, універсальна, яка прокатується між валками у вигляді полоси прямокутного перерізу;

2) Сталь профільна – кутники, швелери, двотаври, таври.

Сталь листова (листові конструкції) :

3) Товстолиста (δ = 4÷160 мм).

4) Тонколистова (δ = 0.2÷4 мм).

5) Універсальна (δ = 4÷60 мм).

Кутникові профілі – це рівносторонні і нерівносторонні кутники L = 4-13 м. Широке застосування в легких наскрізних конструкціях (ферми).

Швелери – застосовуються в важких стержневих конструкціях (колони або покрівельні прогони) L до 13 м.

Двотаври – номер відповідає висоті. L до 13 м. Основний профіль для виготовлення балок.

Труби – бувають безшовні і електрозварні. Безшовні Ø 45-550 мм, електрозварні Ø 8-1620 мм. Завдяки симетричному перерізу і великій жорсткості труби найкраще працюють на стискання. Застосовуються в вежах, баштах, фермах, арках.

Сортамент

Сортамент – це каталог профілів із зазначенням форми перетину, геометричних характеристик і маси одиниці довжини.



Рисунок 1.28 – Сортамент

ВИСНОВКИ: розглянуто історичний огляд розвитку будівельних конструкцій від чавунних до металевих, наведені приклади історичних пам'яток, в яких застосовуються чавунні та металеві конструкції, розглянуто застосування металевих конструкцій у мостобудуванні, металургійних та машинобудівних заводах, каркасах громадських та промислових будівель та споруд, видовищних та висотних будівлях. Зазначені видатні вчені та наукові школи, які займалися розрахунком та проектуванням металевих конструкцій. На прикладі резонансних пожеж наведена актуальність забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд з металевих конструкцій. Також розглянуто галузі застосування металевих конструкцій. У порівнянні з конструкціями, що виконані з інших будівельних матеріалів, викладені переваги і недоліки металевих конструкцій. Розглянуті переваги і недоліки алюмінієвих сплавів.

Тести та питання для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Сортамент – це...

- А) нормативний документ, що регламентує роботу зі сталевими конструкціями;
- В) каталог профілів із зазначенням форми перерізу, геометричних характеристик і маси одиниці довжини;
- С) каталог профілів із зазначеними параметрами експлуатаційних якостей.

2. Недоліками металевих конструкцій є:

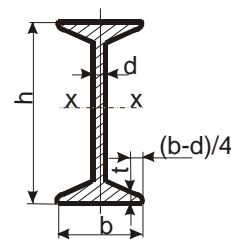
- А) корозія;
- В) мала вогнестійкість;
- С) відповідь А і В.

3. Стальні профілі поділяються на...

- А) прокатні, гнуті, зварні;
- В) прокатні, гнуті, листові;
- С) прокатні, гнуті, фасонні.

4. Що зображено на рисунку?

- А) швелер;
- В) кутник рівнобічний;
- С) двотавр.



5. Назвіть відомі будівлі, у великопролітних перекриттях яких використовуються металеві конструкції.

6. Назвіть відомі вам будівлі та споруди з металевих конструкцій.

7. Назвіть відомі вам будівлі та споруди з металевих конструкцій в Україні.

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Крична переробка – це...

- А) процес переробки чавуну у ковке залізо;
- В) металургійний процес переробки чавуну в м'яке маловуглецеве залізо;
- С) процес переробки сталі.

2. Перевагами металевих конструкцій є:

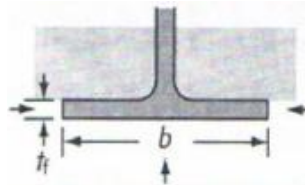
- А) висока несуча здатність, висока надійність, легкість і транспортабельність;
- В) суцільність матеріалу і з'єднання, індустріальність;
- С) відповідь А і В.

3. Прокатні профілі поділяються на...

- А) фасонні, листові;
- В) фасонні, гнуті;
- С) листові, гнуті.

4. Що зображено на рисунку?

- А) половина двотавра;
- В) кутник рівнобічний;
- С) швелер.



5. Назвіть відомі споруди, в яких використовуються листові металеві конструкції.

6. Назвіть відомі будівлі та споруди з чавунних конструкцій.

7. Назвіть відомі висотні та багатопверхові будівлі та споруди з металевих конструкцій.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Двотаври, кутники, швелери належать до...

- А) листових профілів;
- В) гнутих профілів;
- С) фасонних профілів.

2. Алюмінієві сплави порівняно зі сталевими мають такі позитивні властивості:

- А) більш легкі, більш висока корозійна стійкість, не створюють іскор в момент удару;

- В) більш легкі, не створюють іскор у разі удару, гнучкі;
- С) більш легкі, не створюють іскор у разі удару, міцні, пластичні.

3. На які групи поділяється прокатна сталь?

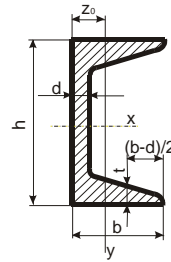
- А) сталь листова тонка або товста, універсальна;
- В) сталь профільна, сталь листова.
- С) сталь листова тонка або товста, універсальна, сталь профільна;

4. Кутникові профілі – це...

- А) важкі стержневі конструкції;
- В) рівнобокі та нерівнобокі кутники;
- С) звичайні балкові, широкополічні.

5. Що зображено на рисунку?

- А) швелер;
- В) балка;
- С) кутник.



6. Назвіть відомі будівлі та споруди з металевих закладочними з'єднаннями.

конструкцій із

7. Назвіть відомі випадки масштабних пожеж будівель та споруд з металевих конструкцій.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Труби застосовуються...

- А) у важких стержневих конструкціях;
- В) у легких наскрізних конструкціях;
- С) у вежах, баштах, фермах, арках.

2. Алюмінієві сплави порівняно зі сталевими мають такі негативні властивості:

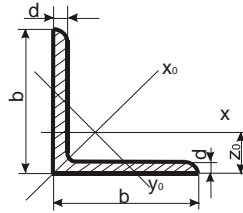
- А) підвищена деформативність, низька вогнестійкість, висока вартість в експлуатації, велика вага;
- В) підвищена деформативність, низька вогнестійкість, висока вартість;
- С) підвищена деформативність, низька вогнестійкість, висока вартість в експлуатації, складність при посиленні.

3. Швелери – застосовуються...

- А) у важких стержневих конструкціях;
- В) у легких наскрізних конструкціях;
- С) у вежах, баштах, фермах, арках.

4. Що зображено на рисунку?

- A) кутник;
- B) балка;
- C) швелер.



5. Назвіть відомі вежі і щогли, в яких використовуються металеві конструкції.

6. Назвіть відомі будівлі та споруди з металевих конструкцій за проектами В.Г. Шухова.

7. Назвіть відомі галузі застосування металевих конструкцій.

Розділ 2

КЛАСИФІКАЦІЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

- 2.1. Класифікація населених пунктів.
- 2.2. Природно-кліматичні умови.
- 2.3. Визначення і класифікація будівель та споруд.

2.1. Класифікація населених пунктів

Як і будь-який об'єкт, населені пункти можуть бути класифіковані за багатьма ознаками, проте визначальними для них у більшості випадків є дві: сфера зайнятості мешканців та їхня чисельність.

За першою ознакою населені пункти поділяються на *сільські* (переважна частина населення зайнята в сільському господарстві) та *міські*. До перших відносять *хутори, села й селища*, до других – *селища міського типу та міста*.

За кількістю населення міські й сільські поселення поділяються на малі, середні, великі, значні та найзначніші (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація міських і сільських поселень (згідно з ДБН 360-92**)

Групи поселень	Населення, тис. чол.	
	міст	сільських поселень
Найзначніші	Більше ніж 1000	
Значні	Від 500 до 1000	Більше ніж 5 Від 3 до 5
Великі	Від 250 до 500	Від 1 до 3 Від 0,5 до 1
Середні	Від 100 до 250 Від 50 до 100	Від 0,2 до 0,5
Малі *	Від 20 до 50 Від 10 до 20 До 10	Від 0,05 до 0,2 До 0,05

* – до групи малих міст включаються селища міського типу

Територія міста за функціональним призначенням і характером використання поділяється на *сельбищну, виробничу та ландшафтно-рекреаційну* [2].

Сельбищна територія включає ділянки житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд, внутрішньосельбищну вулично-дорожню й транспортну мережу, а також площі, парки, сади, сквери, бульвари, інші об'єкти зеленого будівництва та місця загального користування.

Виробнича територія призначена для розміщення промислових підприємств і пов'язаних із ними виробничих об'єктів; комунально-складських об'єктів; санітарно-захисних зон промислових підприємств; об'єктів

спецпризначення (для потреб оборони); споруд зовнішнього транспорту й шляхів позаміського і приміського сполучення.

Ландшафтно-рекреаційна територія включає озеленені й водні простори в межах забудови міста і його зеленої зони, а також інші елементи природного ландшафту. До її складу можуть входити парки, лісопарки, міські ліси, ландшафти, які охороняються, землі сільськогосподарського використання та інші угіддя, які формують систему відкритих просторів.

Територія сільського населеного пункту залежно від функціонального призначення ділиться на **сельбищну** і **виробничу** зони. **Сельбищна зона** включає громадський центр, територію житлової забудови, вулиці, бульвари, проїзди, майданчики для стоянки автомобілів, парки, сквери, водойми.

Виробнича зона включає ділянки підприємств для виробництва та переробки сільськогосподарської та іншої продукції; ремонту, технічного обслуговування і зберігання сільськогосподарської техніки й автотранспорту; комунально-складські та інші об'єкти; дороги, проїзди і майданчики для стоянки автомобілів, тощо.

2.2 Природно-кліматичні умови

Природні умови, що впливають на формування архітектурних об'єктів, можна умовно поділити на три ієрархічних рівні: **глобальний** (загальнодержавний), **регіональний** та **локальний** (місцевий) [2].

До першого відносять належність до зони з певним рівнем сейсмічної або природно-кліматичної небезпеки. Районування за цими ознаками охоплює всю територію земної кулі й може бути відповідно деталізоване для кожної країни. Так, в Україні нараховується 3 природно-кліматичні зони (II, III, IV) та 10 підзон (рис. 2.1). Кожна природно-кліматична зона характеризується сполученням певного клімату і відповідної екосистеми (лісостеп, степ тощо).

Сейсмічне районування поділяє територію (наприклад, України) – на зони з різними очікуваними величинами сейсмічної активності. Це впливає на об'ємно-планувальне та конструктивне вирішення будівель і споруд (рис. 2.2).

Якщо розглянуті вище фактори впливають на всі архітектурні об'єкти, розташовані у тій чи іншій зоні, то районування території України **за сприятливістю містобудівних умов** у першу чергу стосується об'єктів містобудування та регіонального планування (рис. 2.3).

Серед інших факторів, що стосуються регіону чи окремого населеного пункту, можна виділити **водоохоронні зони** річок та інших водойм (що становлять залежно від довжини річки від 20 до 100 м), а також **зсувонебезпечні території**, де забороняється масова забудова [2].

Для характеристики повторюваності вітрів різного напрямку (рис. 2.4, а) або середньої швидкості (рис. 2.4, б) використовується спеціальна діаграма, так звана «роза вітрів». Показник середньої швидкості й напрямку вітру впливає як на організацію ділянки об'єкта, так і на об'ємно-планувальне вирішення будівель та споруд.

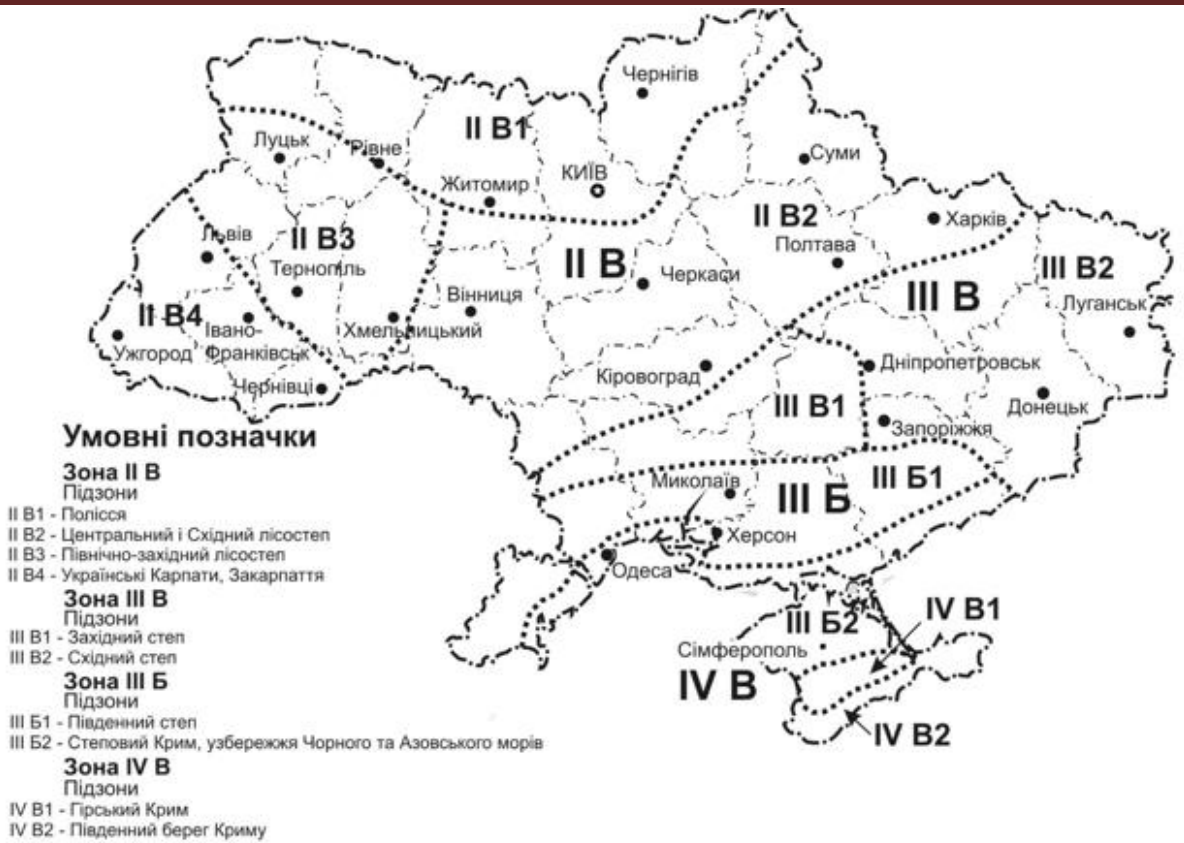


Рисунок 2.1 – Природно-кліматичне зонування території України



Рисунок 2.2 – Сейсмічне районування території України

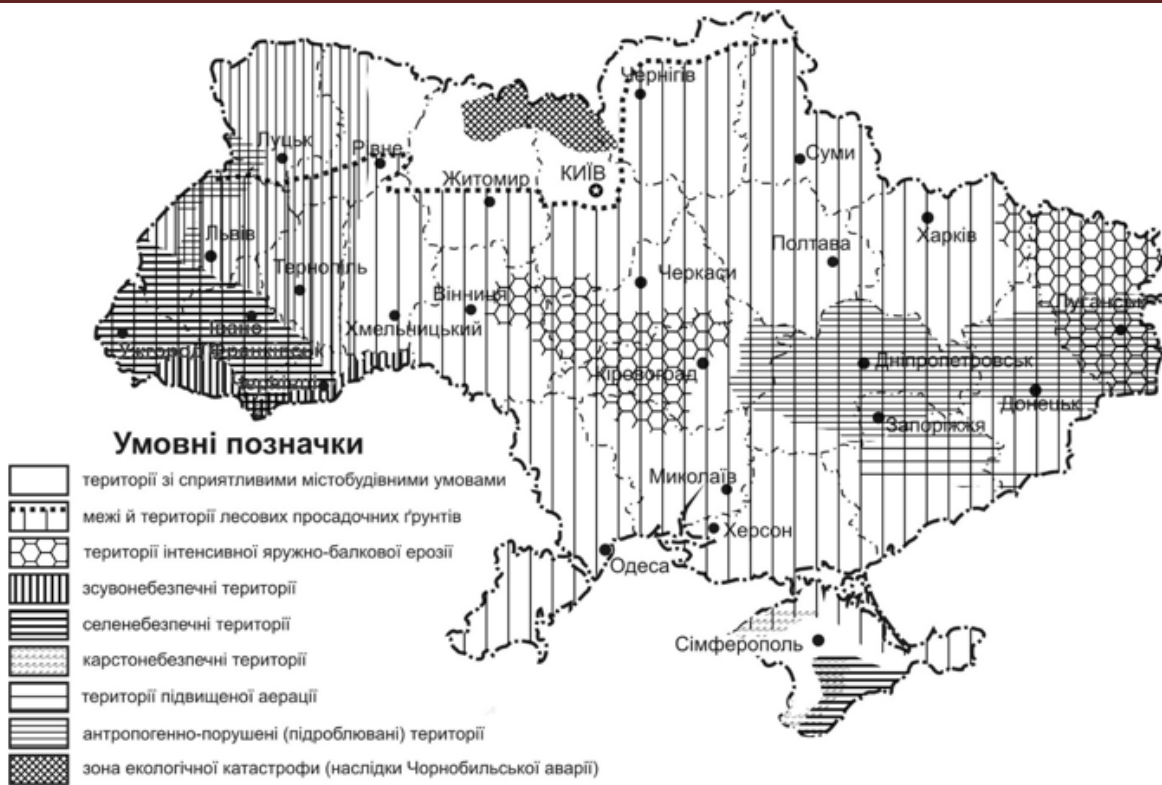


Рисунок 2.3 – Районування території України за сприятливістю містобудівних умов

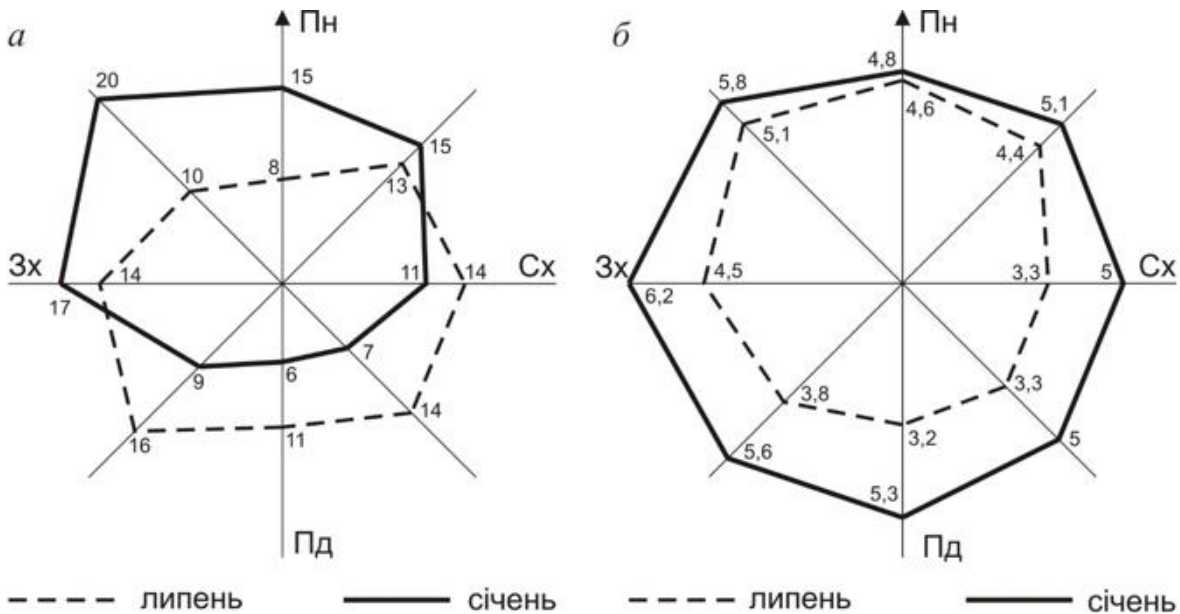


Рисунок 2.4 – Діаграма «роза вітрів»

Природні умови *локального* (місцевого) рівня характеризують конкретну ділянку забудови. До них відносять: рельєф, наявність водойм та зелених насаджень, гідрогеологічні характеристики (рівень ґрунтових вод, несуча здатність ґрунту тощо), наявність заболочених територій, балок і яруг та ін. Кожен з цих факторів залежно від його кількісної характеристики зумовлює оцінку території як сприятливої, малосприятливої або несприятливої для будівництва.

2.3 Визначення і класифікація будівель та споруд

Тип будівлі або цивільної споруди – тип будівельної споруди визначається її цільовим призначенням, наприклад, житловий будинок, підпірна стіна, промислова будівля, автодорожній міст [3].

Будівлею називається надземна споруда, яка має внутрішній простір і призначена для того чи іншого виду людської діяльності (житлові будинки, заводські корпуси, вокзали, школи, лікарні).

Поняття «споруди» є більш широким і включає як будівлі, так і спеціальні види споруд, призначені для виконання технічних задач (**інженерні споруди** – мости, труби, резервуари і т.і.) або з естетичною метою (**архітектурні споруди**).

Будинки і споруди поділяють за призначенням на дві великі групи: **цивільні** й **виробничі**. В свою чергу, цивільні будинки та споруди поділяються на **житлові** й **громадські**, а виробничі – на **промислові** й **сільськогосподарські** (рис. 2.5).

Цивільні житлові будівлі:

- квартирні будинки, призначені для тривалого проживання людей;
- гуртожитки – для тимчасового проживання;
- готелі;
- спальні корпуси і тощо.

Головною класифікаційною ознакою громадських будинків і споруд є їхнє **функціональне призначення**. За цією класифікацією вони (згідно з ДБН В.2.2.9-2009) поділяються на 12 основних груп (рис. 2.6) [2].

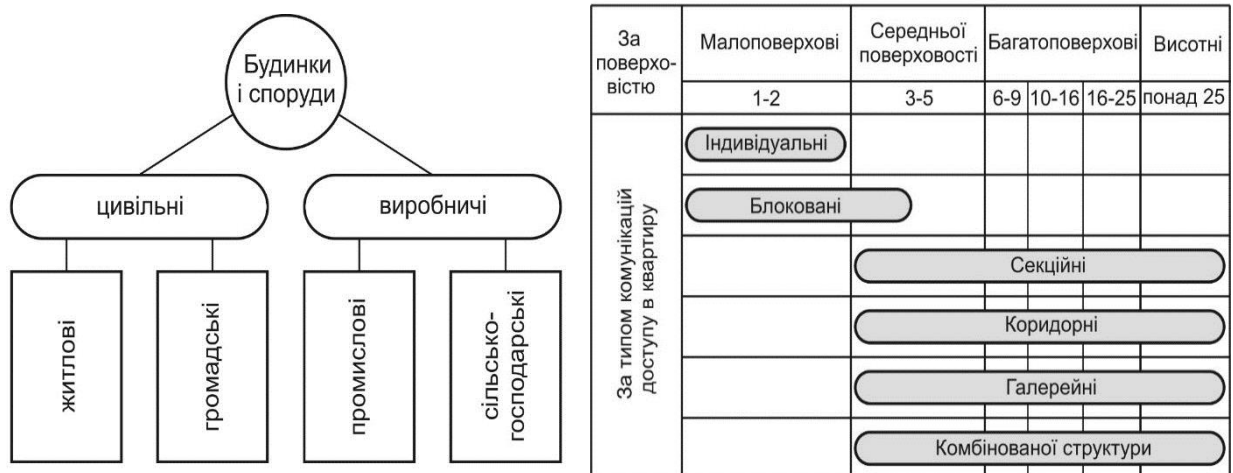


Рисунок 2.5 – Класифікація будинків і споруд за призначенням та висотою



Рисунок 2.6 – Класифікація будинків і споруд громадського призначення



Рисунок 2.7 – Класифікація будинків і споруд промислового призначення

Громадські будівлі, призначені для тимчасового перебування людей у зв'язку з функціональним призначенням (спорт, відпочинок, медичне обслуговування, навчання, харчування):

- дошкільні;
- навчальні і наукові;
- суспільного харчування;
- торгові і комунальні;
- адміністративні і видовищні;
- транспорту і зв'язку;
- лікарняні, спортивні тощо.

Основною ознакою класифікації є належність будівлі чи споруди до певної галузі промисловості. У зв'язку з цим виділяють 10 основних груп промислових підприємств (рис. 2.7).

Промислові будівлі, які призначені для здійснення виробничо-технологічних процесів, поділяють на групи:

- Виробничі (механозбірні, інструментальні, ремонтні тощо);
- Енергетичні (ТЕЦ, котельні, електричні і трансформаторні підстанції);
- Будівлі транспортно-складського господарства (гаражі, пожежні депо, склади готової продукції);
- Допоміжні будівлі або приміщення (адміністративні, побутові, медпункти).

За вибухопожежною і пожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяються на категорії А, Б, В, Г та Д, які визначаються характеристикою речовин і матеріалів у приміщеннях.

Категорії А і Б є найбільш вибухопожежо-небезпечними. У приміщеннях цих категорій наявні горючі гази, речовини й матеріали, здатні до вибуху при нагріванні або взаємодії з водою, киснем чи одним з одним. Категорії В є пожежонебезпечними.

Приміщення категорії Г характеризуються наявністю в них негорючих речовин і матеріалів у гарячій, розпеченій або розплавленій стадії, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор та полум'я. При наявності в приміщеннях горючих газів, сумішей і матеріалів допускається їх спалювання або утилізація в тверді речовини.

Категорія Д пов'язана з наявністю в приміщенні негорючих речовин і матеріалів у холодному стані.

Сільськогосподарські :

- Тваринницькі (корівники, конюшні);
- Птахівницькі (інкубатори, пташники);
- Складські (склади міндобрив, овоче- та зерносховища);
- Культивуаційні (парники, оранжереї, теплиці);
- Ремонтні для с/г техніки і для обробки с/г продукції (млини, молочні пункти).

Вимоги для будівель і споруд (рис. 2.8):

- Функціональна доцільність (відповідність призначенню);
- Технічна доцільність;
- Архітектурна виразність;
- Економічна доцільність;

Конструктивна надійність будівлі забезпечується її міцністю, вертикальною стійкістю, просторовою жорсткістю, довговічністю й вогнестійкістю.

Будівля має надійно захищати людей і обладнання від несприятливих силових та несилових впливів [2].

Надійність будівель та довговічність конструкцій тісно пов'язані з вогнестійкістю. Основними нормативними показниками є: ступінь вогнестійкості будівель; мінімальна межа вогнестійкості конструкцій; максимальна межа поширення вогню по будівельних конструкціях; група горючості будівельного матеріалу; методи випробування вогнестійкості, горючості та розповсюдження вогню; висота, площа і ширина будівлі та протипожежних відсіків; улаштування протипожежних перешкод; розміщення приміщень; влаштування й протяжність шляхів евакуації, кількість, розміри та розташування евакуаційних виходів; протипожежні розриви між будівлями і спорудами; протипожежний водопровід та аварійна протидимна вентиляція; первинні й автоматичні системи оповіщення, сигналізації та гасіння пожеж тощо [4].



Рисунок 2.8 – Вимоги до конструкцій будівель

Пожежно-технічна класифікація будівельних матеріалів, конструкцій, приміщень, будівель, елементів і частин будівель ґрунтується на їх класифікації за властивостями, які сприяють виникненню небезпечних факторів пожежі та її розвитку, – *пожежна безпека*, і за властивостями опору впливу пожежі та розповсюдження її шкідливих факторів – *вогнестійкість* [4].

За *вогнестійкістю* для будівель та споруд встановлено п'ять основних – I...V і три додаткових – IIIа, IIIб і IVа ступенів [4].

Ступінь вогнестійкості – це нормована характеристика вогнестійкості будівель та споруд, яку визначають межею вогнестійкості основних несучих будівельних конструкцій. Вимоги ступеня вогнестійкості будівель встановлюють на стадії проектування за нормами вогнестійкості основних конструктивних елементів. Кожному ступеню вогнестійкості будівель відповідають: *мінімальна межа вогнестійкості конструкцій* – час у хвилинах, упродовж якого конструкція чинить опір дії вогню; *максимальна межа поширення вогню по будівельних конструкціях* – встановлює допустимий розмір пошкодження конструкції в сантиметрах. Вимоги до вогнестійкості будівель і довговічності їх конструкцій залежать також від класу будівель за капітальністю.

Капітальність – це сукупність властивостей будівлі та її елементів у цілому, її народногосподарське й містобудівне значення, яке визначають рівнем основних вимог до будівлі та її елементів, складом і розмірами приміщень, ступенем благоустрою, якістю оздоблення, довговічністю й вогнестійкістю. Встановлено чотири класи будівель за капітальністю [3]:

I клас – будівлі висотою більше 30 м, які будують за індивідуальними проектами. Вогнестійкість таких будівель повинна бути не нижче I ступеня вогнестійкості з конструкціями не нижче I ступеня довговічності;

II клас – будівлі масового будівництва в містах висотою 18...30 м, які можуть будуватися за типовими проектами. Вогнестійкість таких будівель – не нижче II ступеня вогнестійкості з конструкціями не нижче II ступеня довговічності;

III клас – житлові будівлі не більше п'яти поверхів, нежитлові будівлі невеликих розмірів для малих міст. Вогнестійкість таких будівель – не нижче III ступеня вогнестійкості з конструкціями не нижче II ступеня довговічності;

IV клас – тимчасові будівлі, виробничі будівлі з коротким терміном експлуатації, будівлі сільськогосподарського призначення. Вогнестійкість таких будівель не нормується, а конструкції не нижче III ступеня довговічності.

Будівля або споруда складається із взаємозв'язаних *конструктивних елементів* (фундаментів, цоколів, стін, каркасів, ригелів, об'ємних конструкцій, перегородок, перекриттів, підлог, дахів, покриттів, балконів, лоджій, еркерів, сходів, ліфтів, вікон, вітрин, вітражів, світлових ліхтарів, входів та інших додаткових елементів), кожний з яких має своє призначення. Конструктивні елементи складаються з більш дрібних елементів, які привозять на будівельний об'єкт у готовому вигляді (збірні плити, балки, покрівельні вироби тощо) або

зводять на будівельному майданчику із дрібнорозмірних елементів без використання підйомно-транспортного обладнання.

Проектний термін експлуатації – передбачуваний проміжок часу, протягом якого конструкція або її частина експлуатуються за призначенням з передбачуваним технічним обслуговуванням, але без необхідного капітального ремонту [3].

Щодо довговічності будівлі поділяються відповідно до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Індикативний проектний термін експлуатації

Категорії проектного терміну служби	Індикативний проектний термін служби (роки)	Приклади
1	10	Тимчасові споруди*
2	10–25	Змінні частини споруди, наприклад, прольотні будівлі козлового крана, опори
3	15–30	Сільськогосподарські та подібні будівлі
4	50	Будівельні споруди та інші будівлі загального призначення
5	100	Монументальні будівельні структури, мости та інші цивільні інженерні споруди

* – Споруди або частини споруд, що можуть розбиратися для повторного використання, не повинні розглядатися як тимчасові.

За умовною висотою будинки класифікують як [4]:

- а) малоповерхові – висотою $H \leq 9$ м (як правило до 3 поверхів включно);
- б) багатоповерхові – висотою $9 \text{ м} < H \leq 26,5$ м (як правило до 9 поверхів включно);
- в) підвищеної поверховості – висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47$ м (як правило до 16 поверхів включно);
- г) висотні – висотою $H > 47$ м (як правило понад 16 поверхів).

Умовна висота будинку визначається висотою розташування верхнього поверху, без врахування верхнього технічного поверху, а висота розташування поверху визначається різницею позначок поверхні проїзду для пожежних машин і підлоги верхнього поверху (крім спеціально обумовлених у нормативних документах випадків).

Архітектурно-художня виразність – визначається критеріями краси та відповідності.

Екологічні вимоги – неспричинення шкоди навколишньому середовищу, можливість вторинного використання матеріалів після закінчення терміну служби конструкції.

Економічна доцільність, враховуючи потреби населення, повинна забезпечити міцність, стійкість, капітальність, але при цьому потрібно, щоб вартість 1 м^2 або 1 м^3 об'єму будівлі не перевищувала встановлені межі.

Таблиця 2.3 – Конструктивні характеристики будинків залежно від їхнього ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	КОНСТРУКТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
I, II	Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.
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 або негорючими листовими, плитними матеріалами або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IIIa	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 або утеплювачем груп горючості Г1, Г2.
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 групи горючості Г3, Г4 огорожувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур.
IV	Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IVa	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 груп горючості Г3, Г4.
V	Будинки, до несучих і огорожувальних конструкцій яких не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

ВИСНОВКИ: розглянуті основні типи населених пунктів в залежності від кількості мешканців та сфери зайнятості, поділ території міста за функціональним призначенням, природно-кліматичні умови, які впливають на формування архітектурних об'єктів, природно-кліматичне та сейсмічне районування, діаграму «роза вітрів», природні умови місцевого рівня, які складають оцінку сприятливості забудови території, основні поняття будівель та споруд, основні вимоги до будівель та споруд, класифікація будівель та споруд, надано визначення основним вимогам, розглянуто терміни експлуатації, класифікацію за умовною висотою, граничні стани та класи з вогнестійкості, ступені вогнестійкості.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Інженерна споруда – це...*

- А) будь – яка закінчена будова;
- В) наземна споруда, яка має внутрішній закритий простір і призначена для побутових функцій;
- С) споруда, яка не відноситься до будівель і призначена для виконання технічних завдань.

2. *Будівля за призначенням класифікується:*

- А) житлові, громадські, промислові, сільськогосподарські;
- В) житлові, промислові, сільськогосподарські;
- С) житлові, громадські, складські, промислові, виробничі.

3. *Вогнестійкість – це....*

- А) здатність конструкції, виробу зберігати функційні властивості в умовах пожежі;
- В) здатність конструкцій зберігати свої властивості під час експлуатації;
- С) відповідь А і В.

4. *За сферою зайнятості населення населені пункти поділяються...*

- А) сільські, міські;
- В) хутори, села;
- С) міста, селища міського типу.

5. *Мінімальна межа вогнестійкості конструкцій вимірюється в...*

- А) хвилинах;
- В) годинах;
- С) сантиметрах.

6. *Для характеристики повторюваності вітрів різного напрямку або середньої швидкості використовується спеціальна діаграма ...*

- А) «діаграма вітру»;
- В) «роза вітрів»;
- С) «зірка вітрів».

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Проектний термін будівництва....*

- А) міцність, стійкість будівлі як в цілому, так і окремих її елементів у часі;
- В) передбачуваний проміжок часу, протягом якого конструкція або її частина експлуатуються за призначенням з передбачуваним технічним обслуговуванням, але без необхідного капітального ремонту;
- С) здатність зберігати рівновагу при зовнішніх впливах.

2. Будівля – це...

- А) надземна споруда, яка має внутрішній простір і призначена для того чи іншого виду людської діяльності;
- В) споруда, яка не належить до будівель і призначена для виконання технічних завдань;
- С) все, що побудовано або є результатом будівельної діяльності.

3. Максимальна межа поширення вогню по будівельних конструкціях вимірюється в...

- А) хвилинах;
- В) годинах;
- С) сантиметрах.

4. За чисельністю населення населені пункти поділяються...

- А) малі та великі;
- В) малі, середні, великі, значні та найзначніші;
- С) відповідь А і В.

5. На яку кількість за вогнестійкістю поділяються будівлі..

- А) 2;
- В) 5;
- С) 7.

6. Сельбищна територія включає...

- А) ділянки житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд;
- В) територію призначену для розміщення промислових підприємств і пов'язаних із ними виробничих об'єктів;
- С) озеленені й водні простори в межах забудови міста і його зеленої зони.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Умовною висотою будівлі вважають...

- А) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні першого поверху до рівня цього поверху;
- В) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні проїзду для пожежної машини до рівня підлоги цього поверху;
- С) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні проїзду для пожежної машини до рівня підлоги цього поверху, без урахування висоти технічного поверху.

2. Будівля за довговічністю класифікується:

- А) I – менше 100 р., II – менше 50 р., III – менше 10-30 р., IV – менше 10 р.;
- В) I – більше 100 р., II – більше 50 р., III – більше 10-30 р., IV – більше 10 р.;
- С) V – 100 р., IV – 50 р., III – 15-30 р., II – 10-25р., I – 10.;

3. На яку кількість класів за капітальністю поділяються будівлі..

- A) 2;
- B) 5;
- C) 4.

4. Територія міста за функціональним призначенням поділяється на...

- A) сельбищну;
- B) виробничу та ландшафтно-рекреаційну;
- C) відповідь А і В.

5. За вибухопожежною та пожежною небезпекою споруди поділяються ...

- A) на категорії А, Б, В, Г та Д;
- B) на категорії 1, 2, 3, 4 та 5;
- C) на класи капітальності 1, 2, 3, 4 та 5.

6. Виробнича територія включає...

- A) ділянки житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд;
- B) територію призначену для розміщення промислових підприємств і пов'язаних із ними виробничих об'єктів;
- C) озеленені й водні простори в межах забудови міста і його зеленої зони.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. За висотою будівля характеризується....

- A) малоповерхові, багатоповерхові, підвищеної поверховості, висотні;
- B) в один поверх, до 10 поверхів, висотки, хмарочоси;
- C) низькоповерхові, високоповерхові.

2. За умовною висотою будівлі підвищеної поверховості мають висоту...

- A) $H \leq$ до 9 м;
- B) $9 \text{ м} < H \leq 26,5 \text{ м}$;
- C) $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$.
- D) $H > 47 \text{ м}$

3. Технічні вимоги – це...

- A) неспричинення шкоди навколишньому середовищу, можливість вторинного використання матеріалів після закінчення терміну служби конструкції;
- B) сприймання та передача конструкцією діючих навантажень, при цьому зберігається міцність, жорсткість і стійкість з необхідною надійністю та довговічністю;
- C) створення сприятливого враження про конструкції, архітектурна виразність.

4. В будівлях якого ступеня вогнестійкості дозволено застосування незахищених сталевих конструкцій...

- A) I, II;
- B) IIIa, IVa, V;
- C) III, IV.

5. На які групи поділяються вимоги до будівель...

- A) функціональні, естетичні, економічні;
- B) функціональні, архітектурні, економічні, технічні;
- C). функціональні, економічні, технічні.

6. Ландшафтно-рекреаційна територія включає...

- A) ділянки житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд;
- B) територію призначену для розміщення промислових підприємств і пов'язаних із ними виробничих об'єктів;
- C) озеленені й водні простори в межах забудови міста і його зеленої зони.

Розділ 3

КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1. Визначення і класифікація будівельних конструкцій.

3.1. Визначення і класифікація будівельних конструкцій

Опір – здатність елемента або компонента, або поперечного перерізу елемента або компонента конструкції витримувати дії без механічного ушкодження, наприклад, опір при згині, опір при поздовжньому згині, опір на розтяг [3].

Міцність – механічна властивість матеріалу, що відображає його здатність протидіяти діям, яка, зазвичай, надається в одиницях напруження.

Надійність – здатність конструкції або елемента конструкції виконувати визначені вимоги протягом всього проектного строку служби, для якого вони були сконструйовані. Надійність, як правило, виражається в імовірнісних показниках.

Стійкістю (жорсткістю) будівлі називається здатність зберігати рівновагу при зовнішніх впливах.

Згідно зі зміною № 1 будівельні конструкції характеризують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь поділяють на класи вогнестійкості [4].

Основні види граничних станів для конструкцій з вогнестійкості:

- граничний стан за ознакою втрати несучої здатності (умовне позначення R);
- граничний стан за ознакою втрати цілісності (умовне позначення E);
- граничний стан за ознакою втрати теплоізолювальної здатності (умовне позначення I).

Межа вогнестійкості конструкції визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з нормативних для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості [4].

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань за ДСТУ Б В. 1.1-4, за стандартами на методи випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій конкретних видів або за розрахунковими методами відповідно до стандартів або методик, узгоджених з центральним органом виконавчої влади з питань містобудування, архітектури та житлово-комунального господарства та центральним органом державного пожежного нагляду.

Позначення класу вогнестійкості будівельних конструкцій складається з умовних літерних позначень граничних станів і числа, що відповідає нормованій межі вогнестійкості у хвиликах, з ряду 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 360.

Тип конструкції – ознака основного конструктивного матеріалу, наприклад, залізобетонні конструкції, металеві конструкції, дерев'яні конструкції, кам'яні конструкції, сталезалізобетонні конструкції [3].

Конструкція – організована комбінація поєднаних між собою частин, запроектована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість.

Конструктивний елемент – фізично окрема частина конструкції, наприклад, колона, балка, плита, фундамент.

Вид конструкції – класифікація конструктивних елементів. Видом конструкції є, наприклад, рами, підвісні мости.

Будівельні конструкції виконують несучі, огорожувальні чи суміщені (несучі та огорожувальні) функції.

Несуча конструкція сприймає всі навантаження, які діють на споруду (вага конструкцій, людей, устаткування, вітру, снігу).

До основних будівельних конструкцій відносять: фундаменти, стіни, окремі опори, перекриття, дахи, сходи, світлоаераційні ліхтарі.

Огороджуючі будівельні конструкції відокремлюють приміщення одне від одного та від оточуючого середовища (вікна, двері, перегородки тощо).

Основи – масив ґрунту, який сприймає сумарне навантаження від споруди і зовнішніх навантажень, які діють на споруду. Основи бувають штучні та природні (рис. 3.1).

До **природних** відносять ґрунти, які залягають під нижньою поверхнею фундаменту в природному стані.

Якщо ґрунти не відповідають умовам необхідної міцності, роблять штучні основи шляхом укріплення ґрунтів (ущільнення трамбівками, силікатизацією, забиванням палів).

Фундамент – це конструкція споруди, розташована нижче поверхні землі і призначена для сприйняття і розподілу навантажень від будинку на його основу, тобто ґрунт (рис. 3.2., 3.3, 3.4).

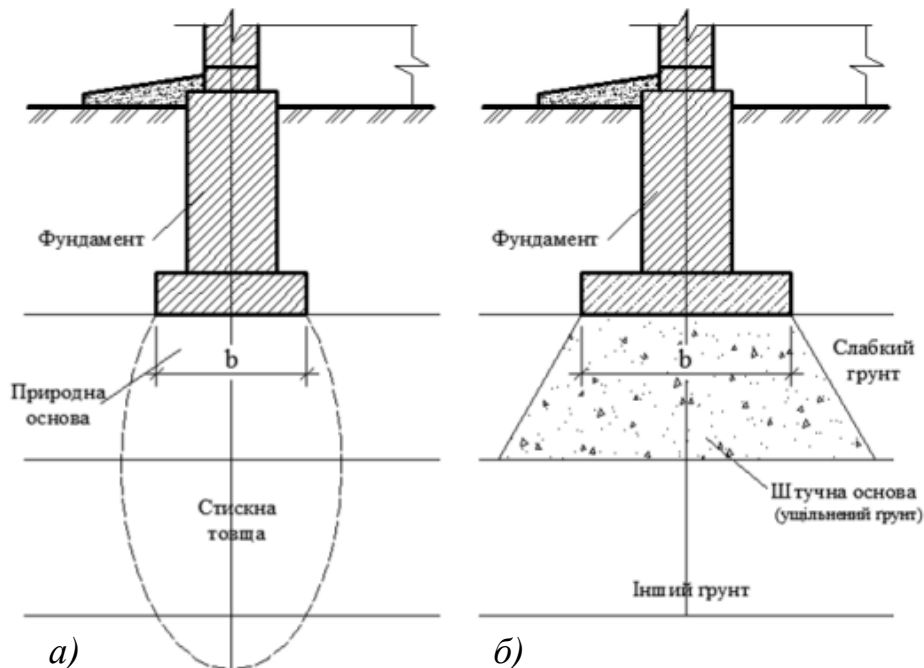


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд основ та фундаментів:
а – природна основа; б – штучна основа

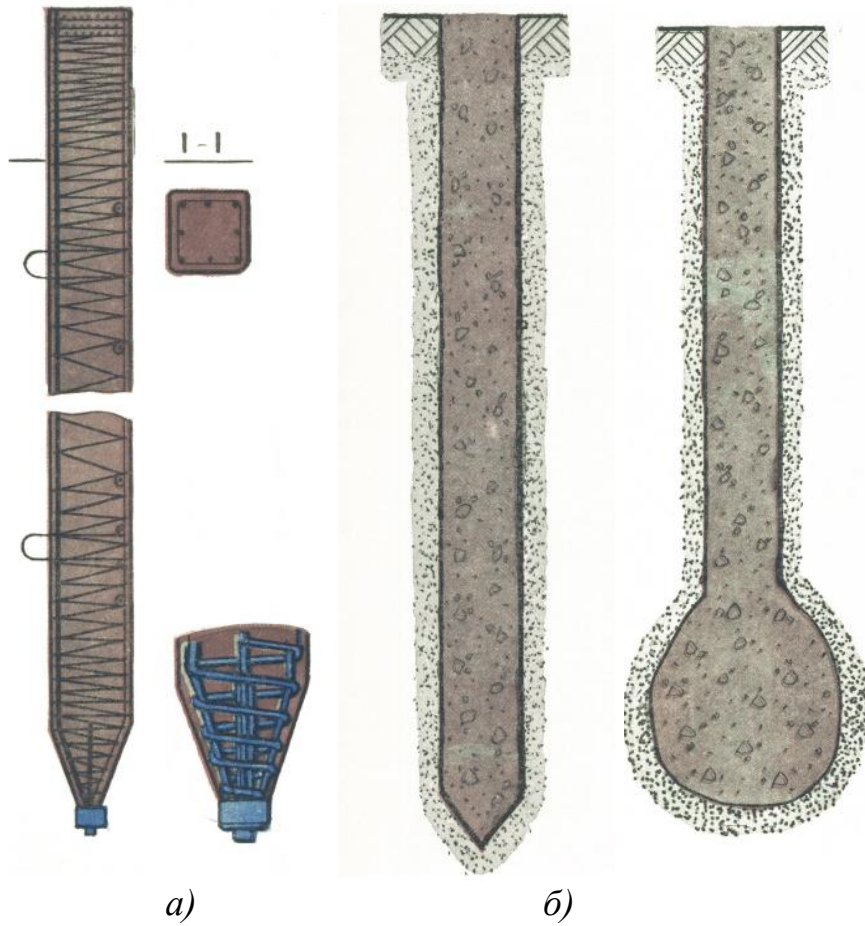


Рисунок 3.2 – Забивні (а) та набивні палі (б)

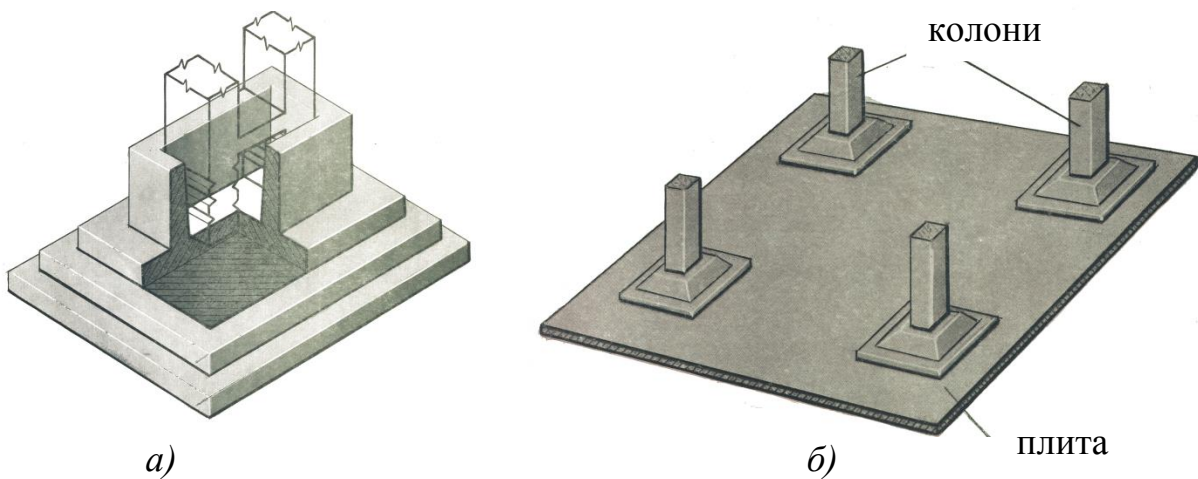


Рисунок 3.3 – Монолітний фундамент під колону (а) та монолітна плита під всю споруду (б)

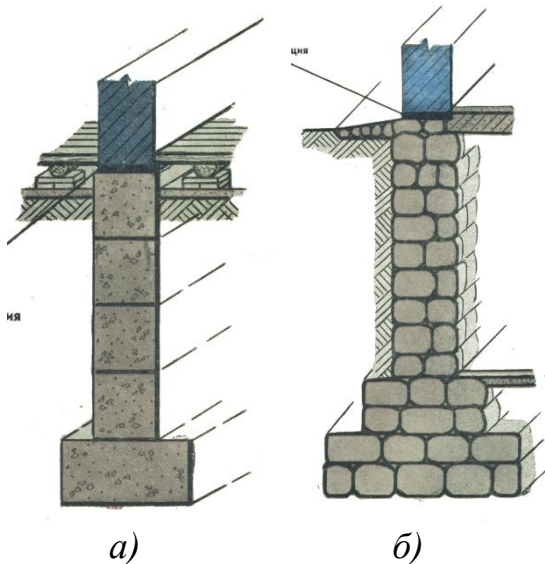


Рисунок 3.4 – Стрічковий фундамент зі збірних блоків (а) та фундамент з бутової кладки (б)

Стіни – слугують для огороження приміщень від зовнішнього середовища (зовнішні) та для поділу об'єму будівлі на окремі приміщення (внутрішні).

Стіни є вертикальними огороженнями і одночасно виконують несучі функції. В залежності від цього стіни поділяються на самонесучі, несучі та ненесучі.

Самонесучі – опираються на фундамент і несуть навантаження тільки від власної ваги.

Несучі – крім власної ваги сприймають інші навантаження.

Ненесучі – виконують огорожувальну функцію, передають власну вагу в межах кожного поверху на інші елементи будівлі. Наприклад, навісні

панелі, що кріпляться до колон за допомогою закладних деталей.

Внутрішні ненесучі стіни застосовуються для поділу поверху будівлі на окремі приміщення та називаються перегородками.

Матеріал – цегляні, панельні, блочні, дерев'яні, монолітні, залізобетонні.

Поведінка при високих температурах стін і перегородок залежить від товщини та матеріалу. Чим більша товщина, тим довше зберігаються несучі і огорожувальні функції. Кам'яні стіни можуть декілька годин опиратися впливу високих температур. Металеві залежать від ступеня прогріву і захисту. Особливо незадовільно ведуть себе дерев'яні – поширюють вогонь.

Стержньові опори – несучі вертикальні стержньові елементи, які передають навантаження від перекриттів та інших елементів будівлі на фундамент (рис. 3.5).

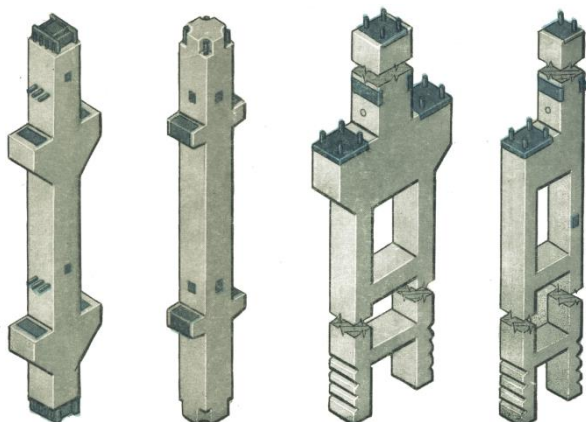


Рисунок 3.5 – Залізобетонні колони

Матеріал – дерево (стійки), камінь (стовпи), сталь та залізобетон (колони).

Залізобетонні колони поділяють на дві групи: в будівлях без мостових кранів і в будівлях з мостовими кранами.

Колони бувають крайні (вздовж зовнішніх стін) і середні.

За способом прикладання навантаження: центрально-стиснуті і позацентровостиснуті. В другому випадку колони, крім

опорних площадок під несучі балки чи ферми, мають додаткові консолі для підкранових балок.

Колони з'єднуються між собою (в багатоповерхових будівлях), з несучими елементами перекриття та покриття, підкрановими балками зварюванням стержневої арматури і металевих закладних деталей (рис. 3.5). Всі щілини заробляють розчином.

Поведінка при високих температурах – їх руйнування призводить до руйнування всієї споруди або її частини. Перевагу за вогнестійкістю мають залізобетонні та кам'яні опори.

Перекриття – поділяють будівлю за висотою на поверхи і являють собою горизонтальні несучі конструкції, які опираються на стіни чи опори (рис. 3.6).

Перекриття опираються на покладені по опорах балки, названі прогонами чи ригелями, чи безпосередньо на опори.

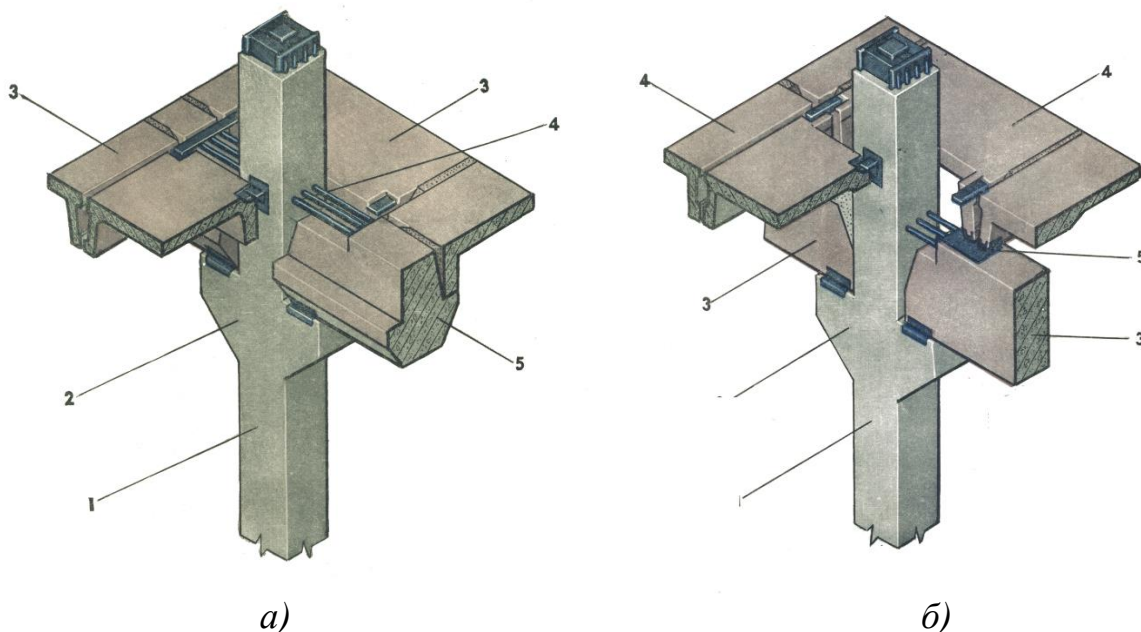


Рисунок 3.6 – З'єднання залізобетонних колон з конструкціями перекриття:
 1 – колона, 2 – консоль колони, 3(а) – плита перекриття, 3(б) – ригель прямокутного перетину, 4(а) – випуск арматури ригеля, 4(б) – плита перекриття, 5(а) – ригель з опорними полками, 5(б) – закладні елементи

Колони з'єднуються між собою (в багатоповерхових будівлях). Розташовані усередині будинку окремі опори і балки утворюють внутрішній каркас будівлі.

Є надпідвальні (між підвалом та першим поверхом), горищні (між верхнім поверхом і горищем), міжповерхові (між поверхами).

Залізобетонні перекриття бувають монолітні і збірні. Зазори між плитами заповнюють розчином. Плити утворюють суцільний горизонтальний диск жорсткості (рис. 3.7, 3.8). По несучій частині перекриття передбачають: шар гідроізоляції (руберойд), утеплювач, основу під підлогу (цементна стяжка), підлогу.

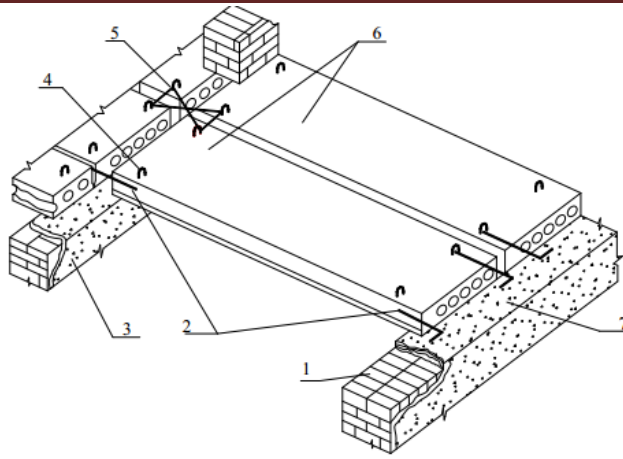


Рисунок 3.7 – Міжповерхове перекриття: 1 – зовнішня стіна, 2 – анкери, 3 – внутрішня стіна, 4 – монтажні петлі, 5 – дротяна скрутка, 6 – залізобетонні плити, 7 – розчин

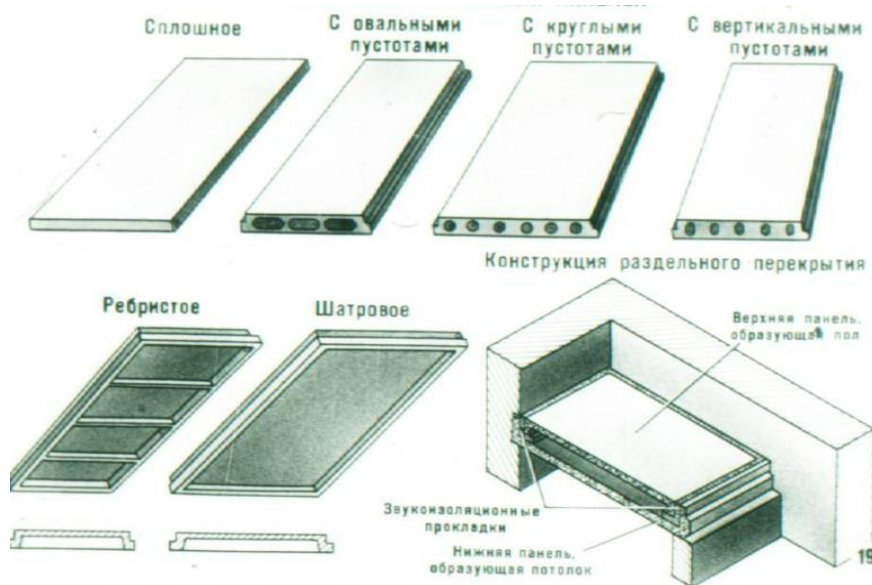


Рисунок 3.8 – Плиты перекриття

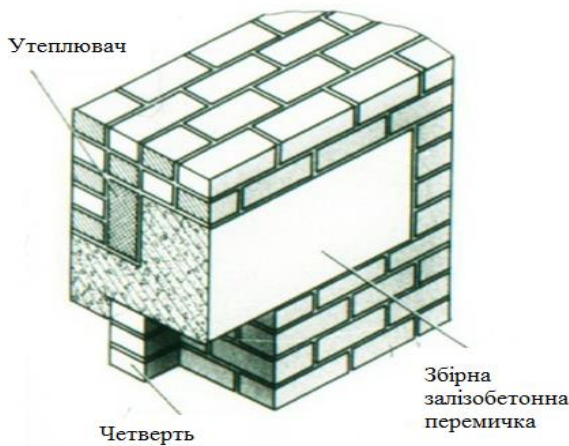


Рисунок 3.9 – Перемичка

Матеріал – залізобетон, дерево, метал.

Поведінка при високих температурах. Найбільшу пожежну небезпеку являють перекриття з горючих матеріалів. Повітряні прошарки сприяють прихованому поширенню пожежі.

Сходи слугують для з'єднання між поверхами. Сходи складаються зі сходових маршів та сходових площадок. Для безпеки пересування по сходах марші огорожують

перилами. Приміщення, у яких розташовуються сходи, називаються сходовими клітками.

Матеріал – залізобетон.

Дах – це верхнє огороження споруди для захисту приміщень від зовнішніх кліматичних факторів і впливів, що сприймає навантаження від власної ваги, снігу, вітру. Дах складається з несучої (ферми, крокви, рами, арки) і огорожувальної (покрівля) частин (рис. 3.10, 3.11).

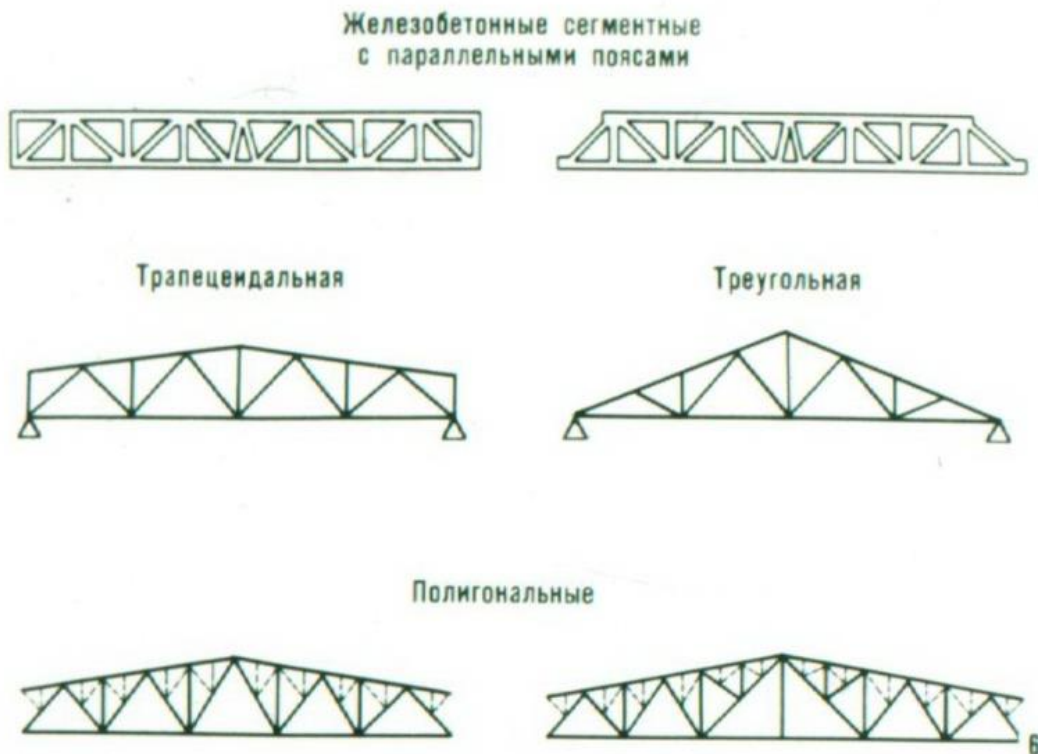


Рисунок 3.10 – Ферми покриття

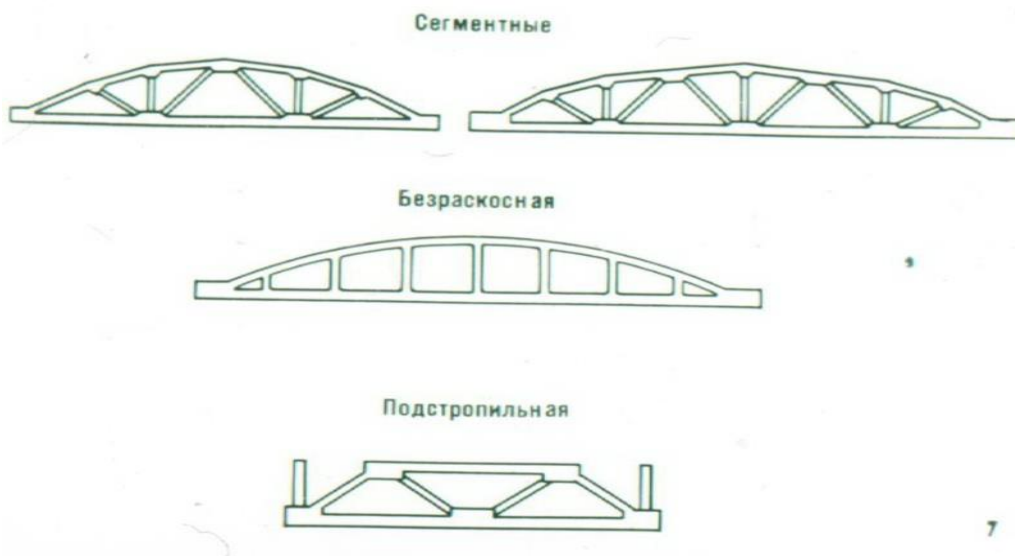


Рисунок 3.11 – Ферми покриття попередньо напружені залізобетонні

Покрівля, суміщена з перекриттям верхнього поверху, називається суміщеним дахом чи покриттям.

Ліхтарі – це заклені надбудови на покритті будинку, призначені для верхнього освітлення виробничих цехів, віддалених від віконних прорізів, і для улаштування повітрообміну в приміщеннях. Бувають світлові, аераційні, світлоаераційні. Можуть використовуватись для димовидалення при пожежах.

Конструктивна система – несучі елементи будівлі або цивільних інженерних споруд і спосіб, за допомогою якого дані елементи функціонують разом [3].

Розрахункова модель – ідеалізація конструктивної системи, яка використовується з метою розрахунку, проектування та перевірки.

Конструктивні схеми будівель:

- безкаркасні з поздовжніми та поперечними несучими стінами;
- каркасні з неповним каркасом (по середині залізобетонні конструкції – колони, балки, плити перекриття, а зовнішні стіни з цегли);
- каркасні з повним каркасом (весь каркас з залізобетонних конструкцій колони, балки, плити перекриття і перекриття);
- блочні з об'ємних елементів.

ВИСНОВКИ: згідно з нормативними документами наведені визначення будівельних конструкцій, розглянута класифікація будівельних конструкцій (основи, фундаменти, стіни, стержньові опори, перекриття, та покриття) та їх поведінка при дії високих температур, приділена увагу стикам будівельних конструкцій, розглянуті конструктивні схеми будівель.

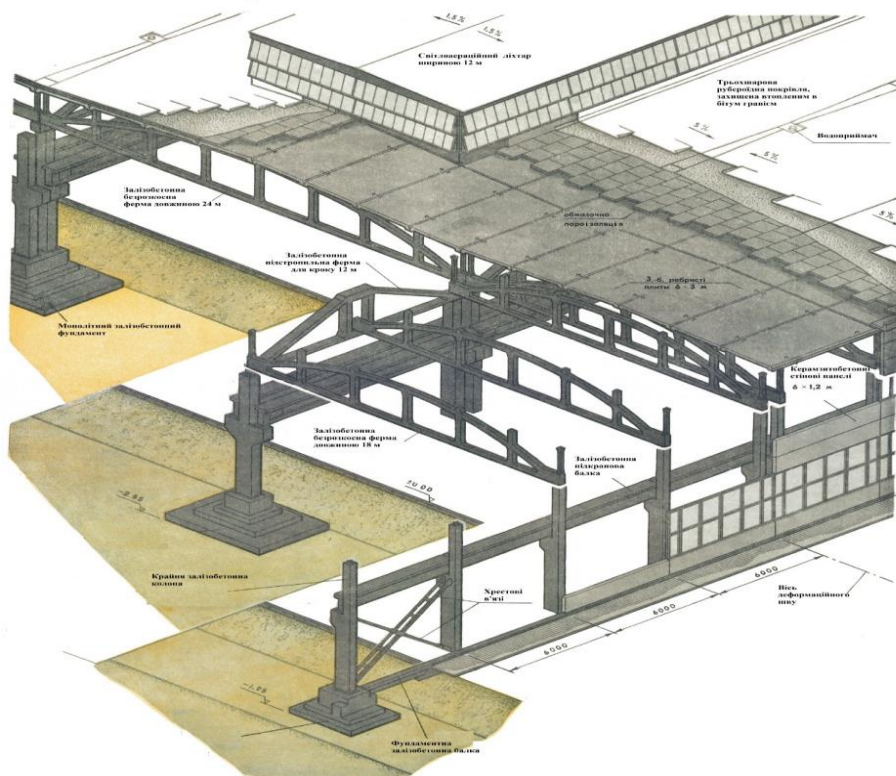


Рисунок 3.12 – Каркас промислової будівлі

Тести та питання для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Інженерна споруда – це...*

- А) будь – яка закінчена будова;
- В) наземна споруда, яка має внутрішній закритий простір і призначена для побутових функцій;
- С) споруда, яка не відноситься до будівель і призначена для виконання технічних завдань.

2. *Будівля за призначенням класифікується:*

- А) житлові, громадські, промислові, сільськогосподарські;
- В) житлові, промислові, сільськогосподарські;
- С) житлові, громадські, складські, промислові, виробничі.

3. *Вогнестійкість – це....*

- А) здатність конструкції, виробу зберігати функційні властивості в умовах пожежі;
- В) здатність конструкцій зберігати свої властивості під час експлуатації;
- С) відповідь А і В.

4. *Граничний стан з позначенням R – це...*

- А) втрата теплоізолювальної здатності;
- В) втрата цілісності;
- С) втрата несучої здатності.

5. *Надійність – це...*

- А) здатність конструкції або елемента конструкції виконувати визначені вимоги протягом всього проектного строку служби, для якого вони були сконструйовані;
- В) механічна властивість матеріалу, що відображає його здатність протидіяти діям, які, зазвичай, виникають в одиницях напруження;
- С) здатність конструкції або елемента конструкції виконувати визначені вимоги протягом всього проектного строку служби, для якого вони були сконструйовані.

6. *Конструкції, які сприймають всі навантаження, які діють на споруду називають...*

- А) несучі;
- В) самонесучі;
- С) ненесучі.

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Проектний термін будівництва....*

- A) міцність, стійкість будівлі як в цілому, так і окремих її елементів у часі;
- B) передбачуваний проміжок часу, протягом якого конструкція або її частина експлуатуються за призначенням з передбачуваним технічним обслуговуванням, але без необхідного капітального ремонту;
- C) здатність зберігати рівновагу при зовнішніх впливах.

2. *Будівля – це...*

- A) надземна споруда, яка має внутрішній простір і призначена для того чи іншого виду людської діяльності;
- B) споруда, яка не належить до будівель і призначена для виконання технічних завдань;
- C) все, що побудовано або є результатом будівельної діяльності.

3. *Надійність – це...*

- A) здатність елемента або компонента, або поперечного перерізу елемента або компонента конструкції витримувати дії без механічного ушкодження;
- B) механічна властивість матеріалу, що відображає його здатність протидіяти діям, яка, зазвичай, надається в одиницях напруження;
- C) здатність конструкції або елемента конструкції виконувати визначені вимоги протягом всього проектного строку служби, для якого вони були сконструйовані.

4. *Фундамент – це...*

- A) організована комбінація поєднаних між собою частин, запроектована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість;
- B) конструкція споруди розташована нижче поверхні землі і призначена для сприйняття і розподілу навантажень від будинку на його основу;
- C) відповідь А і В.

5. На яку кількість за вогнестійкістю поділяються будівлі..

- A) 2;
- B) 5;
- C) 7.

6. *З яких основних елементів складається будівля...*

- A) фундамент, стіни, сходи, ліфти, вікна, двері, дах;
- B) фундамент, стіни, перегородки; перекриття, покрівля;
- C) фундаменти, стіни, окремі опори, перегородки, перекриття, дахи, сходи, світло-аераційні ліхтарі.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Умовною висотою будівлі вважають...

- А) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні першого поверху до рівня цього поверху;
- В) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні проїзду для пожежної машини до рівня підлоги цього поверху;
- С) висоту розташування верхнього поверху, що вимірюється від рівня поверхні проїзду для пожежної машини до рівня підлоги цього поверху, без урахування висоти технічного поверху.

2. Будівля за довговічністю класифікується:

- А) I – менше 100 р., II – менше 50 р., III – менше 10-30 р., IV – менше 10р.;
- В) I – більше 100 р., II – більше 50 р., III – більше 10-30 р., IV – більше 10р.;
- С) V – 100 р., IV – 50 р., III – 15-30 р., II – 10-25р., I – 10.;

3. Граничний стан з позначенням E – це...

- А) втрата теплоізолювальної здатності;
- В) втрата цілісності;
- С) втрата несучої здатності.

4. Несучі вертикальні стержньові елементи, які передають навантаження від перекриттів і других елементів будівлі на фундамент, називаються...

- А) стіни;
- В) стержньові опори;
- С) перекриття.

5. Конструкція – це...

- А) організована комбінація поєднаних між собою частин, запроектована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість;
- В) розташована нижче поверхні землі і призначена для сприйняття і розподілу навантажень від будинку на його основу;
- С) відповідь А і В.

6. Стіни можуть бути...

- А) несучі, самонесучі, ненесучі;
- В) несучі, самонесучі;
- С) самонесучі, ненесучі.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. За висотою будівля характеризується....

- A) малоповерхові, багатоповерхові, підвищеної поверховості, висотні;
- B) в один поверх, до 10 поверхів, висотки, хмарочоси;
- C) низькоповерхові, високоповерхові.

2. Основа – це...

- A) масив ґрунту, який сприймає сумарне навантаження від споруди і зовнішніх навантажень, які діють на споруду;
- B) конструкція споруди розташована нижче поверхні землі і призначена для сприйняття і розподілу навантажень від будинку на його основу;
- C) відповідь А і В.

3. Технічні вимоги – це...

- A) неспричинення шкоди навколишньому середовищу, можливість вторинного використання матеріалів після закінчення терміну служби конструкції;
- B) сприймання та передача конструкцією діючих навантажень, при цьому зберігається міцність, жорсткість і стійкість з необхідною надійністю та довговічністю;
- C) створення сприятливого враження про конструкції, архітектурна виразність.

4. Граничний стан з позначенням I – це...

- A) втрата теплоізолювальної здатності;
- B) втрата цілісності;
- C) втрата несучої здатності.

5. На які групи поділяються вимоги до будівель...

- A) функціональні, естетичні, економічні;
- B) функціональні, архітектурні, економічні, технічні;
- C). функціональні, економічні, технічні.

6. Здатність зберігати рівновагу при зовнішніх впливах називається...

- A) довговічність;
- B) надійність;
- C) стійкість.

Розділ 4 ЄВРОКОДИ

1. Нормативні документи України.
2. Проектування протипожежного захисту будівель та споруд.
3. Галузь застосування EN 1991 частина 1.2, EN 1992 частина 1.2, EN 1993 частина 1.2 і EN 1994 частина 1.2.
4. Різниця між принципами і правилами застосування.
5. Національні додатки та національно зумовлені параметри.

4.1. Нормативні документи України

Нормативні документи України в галузі будівництва поділяються на [2]:

- державні стандарти – ДСТУ;
- державні будівельні норми – ДБН;
- відомчі будівельні норми – ВБН;
- регіональні будівельні норми – РБН;
- технічні умови – ТУ.

Як НД України в галузі будівництва застосовуються документи колишніх СРСР і УРСР до їх заміни чи скасування, а також міжнародні, регіональні й національні стандарти, норми та правила інших держав, які входять у «Перелік нормативних документів у галузі будівництва, що діють на території України».

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

ДБН України розробляються на продукцію, процеси та послуги в галузі містобудування (вишукування, проектування, 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.

ВБН України 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.

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

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.

До нормативних документів можуть розроблятися посібники.

Нормативні документи в галузі будівництва містять *обов'язкові* та *рекомендовані* вимоги [2].

До *обов'язкових* належать:

- вимоги до якості продукції, робіт і послуг, що забезпечують їх безпеку для життя, здоров'я й майна населення, охорону навколишнього середовища;
- вимоги техніки безпеки та виробничої санітарії;
- вимоги до забезпечення сумісності та взаємозамінності продукції;
- вимоги, що забезпечують вірогідність і єдність вимірювань, методів контролю якості продукції;
- положення, що забезпечують технічну єдність при розробленні, виготовленні (виробництві) й використанні (експлуатації) продукції, виконанні робіт та наданні послуг: правила оформлення технічної документації, допуски і посадки, загальні правила забезпечення якості продукції, терміни, визначення й позначення.

Обов'язкові вимоги НД України підлягають безумовному дотриманню згідно зі своїм призначенням органами управління, підприємствами й організаціями, незалежно від форм власності, а також громадянами, що займаються індивідуальною трудовою діяльністю.

До *рекомендованих* належать інші вимоги до споживчих (експлуатаційних) властивостей продукції, робіт і послуг.

Ці вимоги стають обов'язковими у випадках:

- що встановлені законодавчими актами України;
- включення їх у договір на розроблення, виготовлення і постачання продукції, виконання робіт та надання послуг;
- документальної заяви постачальника (виконавця) про відповідність продукції, робіт і послуг цим вимогам.

При розробленні ДБН та ВБН на конкретну продукцію будівництва забезпечується комплексний підхід у встановленні вимог до заданого об'єкта нормування, включаючи його проектування, будівництво (зведення, монтаж, улаштування) та експлуатацію.

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, у свою чергу, поділяються на підкласи, а ті – на комплекси (рис. 4.1, а).

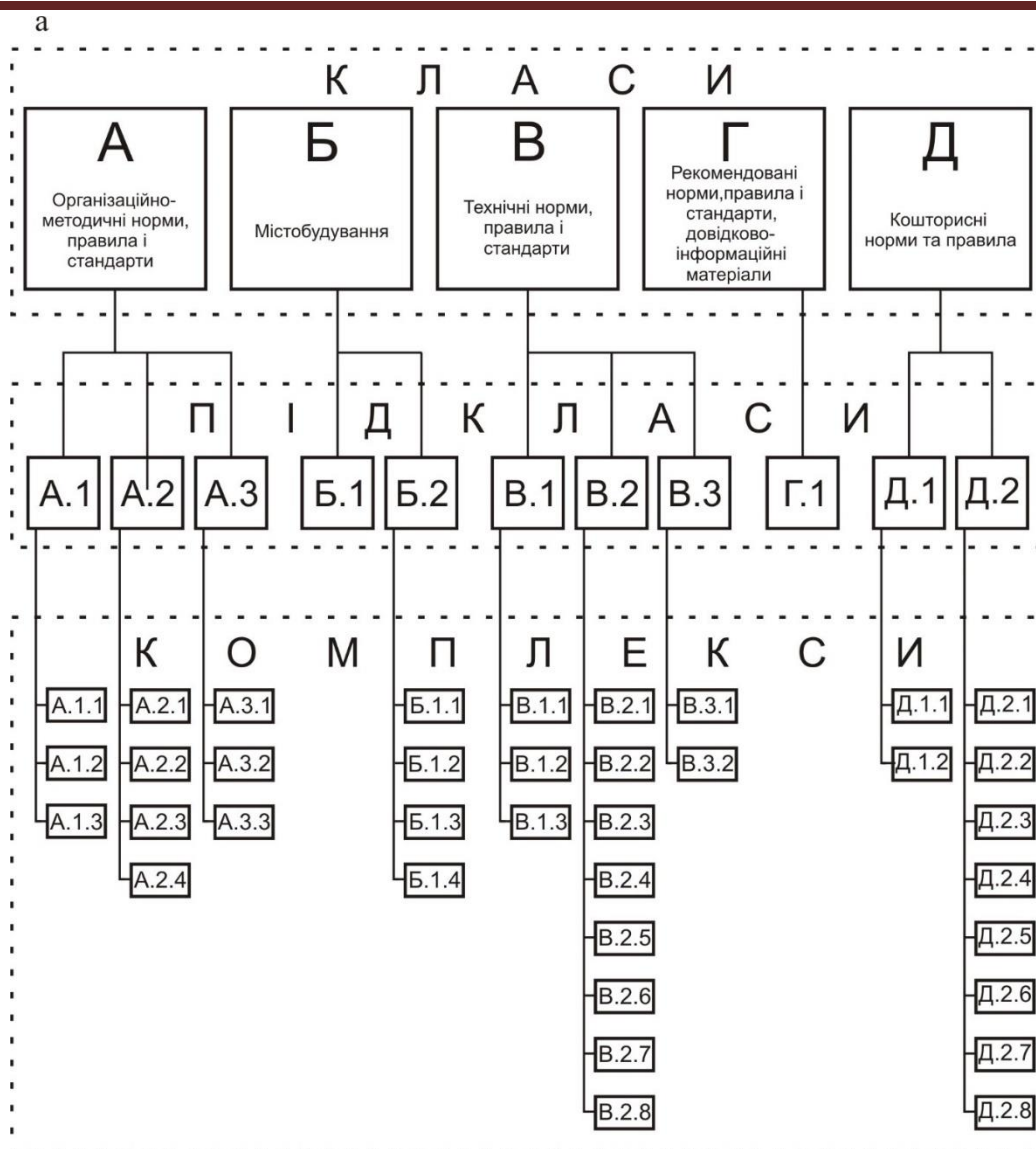


Рисунок 4.1 – Класифікація державних будівельних норм України (ДБН):
а – схема класифікації; *б* – структура класифікаційного коду нормативного документа

Кожному з комплексів відповідає певний напрямок нормування та стандартизації. Наприклад, комплексу В.2.2 відповідає такий: житлові та громадські, виробничі та допоміжні будинки і споруди: класифікація, вимоги до складу приміщень й об’ємно-планувальних параметрів, інженерного обладнання, експлуатаційного режиму, безпеки при експлуатації та стихійних впливах; правила прийняття; мобільні будинки і споруди: класифікація,

загальні вимоги, технічні умови на конкретні типи. Комплекс В.2.2 входить до підкласу В.2 – Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення, а той, у свою чергу, – до класу В – Технічні норми, правила та стандарти.

У класифікаційному коді кожного нормативного документа відображаються клас, підклас та комплекс, до яких він належить, власний номер документа, а також рік його затвердження (рис. 4.1, б). Остаточна галузь застосування конкретного нормативного документа уточнює його назва.

Винятками з цього правила є кілька нормативних документів, прийнятих незабаром після здобуття незалежності України до розроблення національної системи нормативної документації. Їх класифікаційні коди мають структуру, характерну для РСН колишньої УРСР. Найбільш активно використовуваним з цих документів є ДБН 360-92** «Планування і забудова міських та сільських поселень».

Як правило, при розробці чи експертизі проекту конкретного об'єкта використовується не один нормативний документ, а кілька. Так, при розгляді частини проекту навіть невеликого магазину необхідно керуватися щонайменше п'ятьма ДБН:

- ДБН 360-92** «Планування і забудова міських і сільських поселень»;
- ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди. Основні положення»;
- ДБН В.2.2-23:2009 «Підприємства торгівлі»;
- ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- ДБН В.2.3-15:2007 «Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів».

Слід підкреслити, що нормативні документи, як правило, містять вимоги та обмеження щодо певного типу будівель і споруд, але не містять готових рекомендацій щодо їх проектування. Тому виконання вимог нормативних документів при проектуванні архітектурних об'єктів є лише запорукою забезпечення їх надійної та безпечної експлуатації.

Одним із пріоритетних напрямків Європейської політики є поступове наближення українського законодавства, норм і стандартів до відповідних документів Європейського Союзу [5]. Розвиток нормативної бази в Україні здійснюється з використанням досвіду Європейського Союзу (відносно гармонізації законодавства України в сфері будівництва і нормативної бази відносно проектування будівельних конструкцій, стандартів на будівельні вироби).

Основним із напрямків розвитку нормативної бази в Україні є впровадження національних стандартів, які гармонізовані з Єврокодами.

Єврокод – це Європейський стандарт із проектування будівельних конструкцій. Єврокоди включають в себе національний досвід і результати досліджень, а також експертизу технічного комітету CEN 250 і міжнародних технічних і наукових організацій, являють собою міжнародні стандарти щодо проектування конструкцій.

ЄВРОКОДИ являють собою:

➤ комплект Європейських стандартів з проектування конструкцій будівель і споруд, що розробляються у відповідності з програмою дій у сфері будівництва, яка була прийнята Комісією Європейської Спільноти у 1975 році на підставі статті 95;

➤ комплект з **10 стандартів**, кожний з яких складається з окремих частин (загалом **58 стандартів**), які на першій стадії мали слугувати альтернативою чинним національним правилам Держав-членів, а у майбутньому мають замінити їх;

➤ визнані країнами Європейського Союзу як **еталонні документи для доведення відповідності** будівель і споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС щодо будівельних виробів, а також як основа для укладання контрактів для будівництва будівель і споруд та пов'язаних з ними інженерних послуг;

➤ стандарти, що передбачають процедуру **Національної імплементації**, яка признає відповідальність регуляторних органів країн-членів та захищає їх право на призначення величин, які пов'язані з регулюванням питань безпеки на національному рівні там, де вони відрізняються у різних країнах;

➤ основу для розроблення гармонізованих стандартів для будівельних матеріалів і виробів.

Система **Єврокодів** включає в себе десять частин (рис. 4.2), які охоплюють всі основні будівельні матеріали (бетон, сталь, дерево, камінь/цегла і алюміній), всі основні аспекти проектування будівель і споруд (основи проектування конструкцій, навантаження, пожежна безпека, геотехнічне проектування, сейсмостійкість тощо), а також широкий спектр типів конструкцій і виробів (будівлі, мости, башти і щогли, силоси тощо).

Стандарти Єврокодів визнають відповідальність регуляторних органів країн-членів та захищають їх право на призначення величин, які пов'язані з регулюванням питань безпеки на національному рівні там, де вони відрізняються від країни до країни.

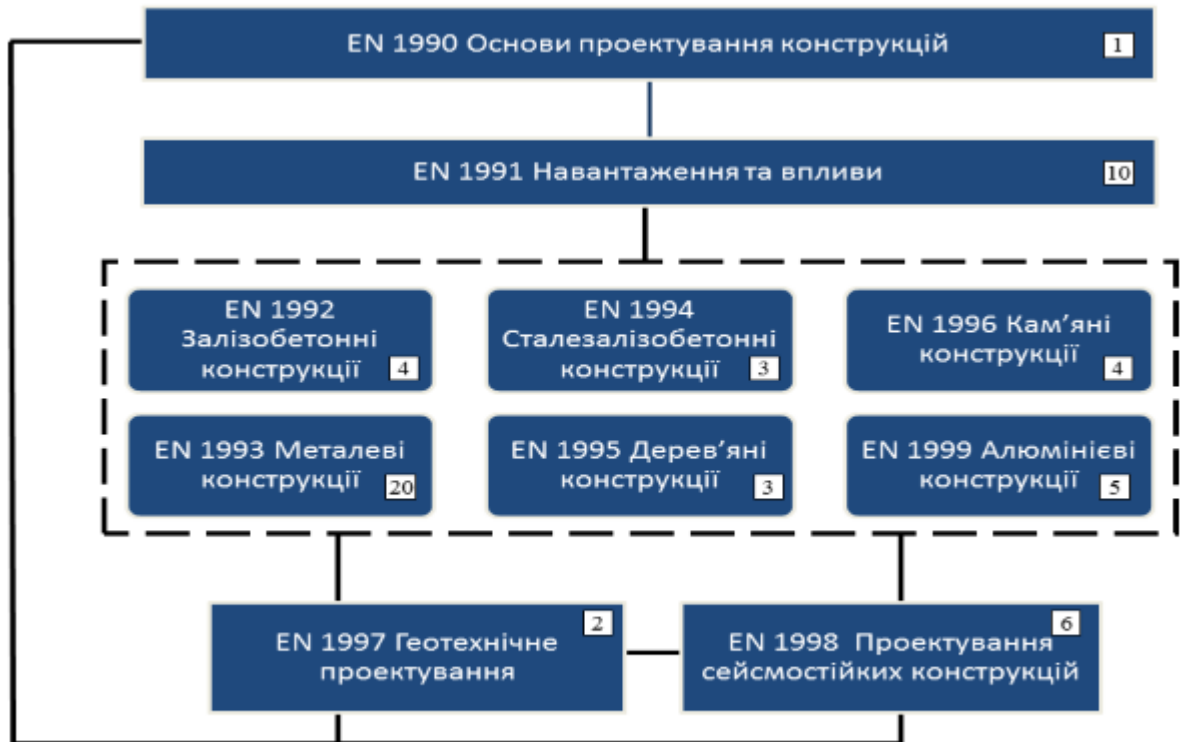
Переваги застосування Єврокодів.

1. Забезпечити взаєморозуміння при проектуванні споруди між власниками, експлуатаційними службами, проектувальниками, підрядниками і постачальниками будівельних матеріалів;

2. Забезпечити єдині критерії та методи при розробці конкретних вимог щодо механічної міцності, стійкості, вогнестійкості, включаючи аспекти довговічності та економії;

3. Бути спільною основою для досліджень і досвідчених розробок, так як Єврокоди надають можливість для загальноєвропейських досліджень для їх майбутніх редакцій, приводячи до значного зниження витрат на дослідження;

4. Дозволити розробку загальних засобів проектування та програмного забезпечення.



Загалом 58 стандартів Єврокодів
[2] - кількість частин (окремих стандартів)
Рисунок 4.2 – Частини Єврокодів

Область застосування Єврокодів.

Будівельні Єврокоди забезпечують Принципи та Правила застосування для розрахунку:

- всієї конструкції;
- складових виробів як традиційного, так і інноваційного характеру.

Однак незвичайні форми конструкції (наприклад, застосування певних матеріалів) або розрахункові ситуації (надзвичайні загрози, наприклад великі зовнішні вибухи) повністю не відображені в стандартах. У таких випадках потрібно додаткове експертне керівництво.

Для будівельних виробів, які вносять вклад в механічну міцність та стійкість конструкцій, розрізняють **два типи властивостей**:

1. Властивості, що визначаються випробуванням (особливо в випадку будівельних матеріалів та виробів, таких як бетон, сталеві арматури для бетону, конструкційна сталь і т.д.);

2. Властивості, які визначаються розрахунком, відповідно до методів, які задані в Єврокодах, що також використовуються при розрахунках будівельних конструкцій.

Єврокоди служать основоположними документами для таких цілей:

– як засоби забезпечення відповідності будівель та споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі №1 «Механічний опір та стійкість» та основній вимозі №2 «Пожежна безпека»;

– як основа для укладання угод на будівельні роботи та супутні інженерні послуги;

– як основа для розроблення узгоджених технічних умов на будівельні вироби (ENs та ETAs).

Програма будівельних Єврокодів включає такі стандарти, що в основному складаються з декількох частин (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Частина Єврокодів

Єврокод	Частина Єврокоду
1	2
<i>EN 1990 :2002 Основи проектування конструкцій</i>	
<i>EN 1991 Дії на конструкції</i>	<i>EN 1991-1-1:2002 Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд</i>
	<i>EN 1991-1-2:2002 Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі</i>
	<i>EN 1991-1-3:2003 Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження</i>
	<i>EN 1991-1-4:2005 Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження</i>
	<i>EN 1991-1-5:2003 Частина 1-1: Основні дії - Теплові дії</i>
	<i>EN 1991-1-6:2005 Частина 1-6: Основні дії - Дії під час зведення</i>
	<i>EN 1991-1-7:2006 Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи</i>
	<i>EN 1991-2:2003 Частина 2. Рухомі навантаження на мости</i>
	<i>EN 1991-3:2006 Частина 3: Дії, що викликані кранами та обладнанням</i>
	<i>EN 1991-4:2006 Частина 4: Силоси та резервуари</i>
<i>EN 1992 Eurocode 2: Проектування залізобетонних конструкцій</i>	<i>EN 1992-1-1:2004 Part 1-1: Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд</i>
	<i>EN 1992-1-2:2004 Частина 1-2: Основні правила - Вогнестійкість</i>
	<i>EN 1992-2:2005 Частина 2: Залізобетонні мости. Проектування і правила конструювання</i>
	<i>EN 1992-3:2006 Частина 3: Конструкції для зберігання і утримання рідини</i>
<i>EN 1993 Eurocode: 3 Проектування сталевих конструкцій</i>	<i>EN 1993-1-1:2005 Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд</i>

Продовження таблиці 4.1

1	2
<i>EN 1993 Eurocode: 3 Проектування сталевих конструкцій</i>	<i>EN 1993-1-2:2005 Part 1-2: Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість</i>
	<i>EN 1993-1-3:2006 Частина 1-3: Основні правила. Додаткові правила для холоднодеформованих елементів і пластин</i>
	<i>EN 1993-1-4:2006 Частина 1-4: Основні правила – Додаткові правила для неіржавіючої сталі</i>
	<i>EN 1993-1-5:2006 Частина 1-5: Пластинчасті конструктивні елементи</i>
	<i>EN 1993-1-6:2007 Частина 1-6: Міцність і стійкість оболонок</i>
	<i>EN 1993-1-7:2007 Частина 1-7: Пластинчаті конструкції при навантаженні поза межами площини</i>
	<i>EN 1993-1-10:2005 Частина 1-10: Ударна в'язкість</i>
	<i>EN 1993-1-11:2006 Частина 1-11: Проектування конструкцій з елементами, що напружуються</i>
	<i>EN 1993-1-12:2007 Частина 1-12: Додаткові правила до EN 1993 для сталей класів вище S 700</i>
	<i>EN 1993-2:2006 Частина 2: Сталеві мости</i>
	<i>EN 1993-3-1:2006 Частина 3-1: Бапти, щогли і димові труби - Бапти і щогли</i>
	<i>EN 1993-3-2:2006 Частина 3-2: Бапти, щогли і димові труби - Димові труби</i>
	<i>EN 1993-4-1:2007 Частина 4-1: Силоси</i>
	<i>EN 1993-4-2:2007 Частина 4-2: Резервуари</i>
	<i>EN 1993-4-3:2007 Частина 4-3: Трубопроводи</i>
	<i>EN 1993-5:2007 Частина 5: Палі</i>
<i>EN 1993-6:2007 Частина 6: Підкранові конструкції</i>	
<i>EN 1994-1-1:2004 Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд</i>	
<i>EN 1994 Eurocode 4: Проектування сталезалізобетонних конструкцій</i>	<i>EN 1994-1-2:2005 Частина 1-2: Основні правила - Вогнестійкість</i>
	<i>EN 1994-2:2005 Частина 2: Основні правила і правила для мостів</i>
	<i>EN 1995-1-1:2004 Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд</i>

Продовження таблиці 4.1

1	2
<i>EN 1995 Eurocode 5: Проектування дерев'яних конструкцій</i>	<i>EN 1995-1-2:2004 Частина 1-2: Основні положення - Вогнестійкість</i>
	<i>EN 1995-2:2004 Частина 2: Мости</i>
	<i>EN 1996-1-1:2005 Частина 1-1. Загальні правила для армованих та неармованих кам'яних конструкцій</i>
<i>EN 1996 Eurocode 6: Проектування кам'яних конструкцій</i>	<i>EN 1996-1-2:2005 Частина 1-2: Основні правила - Вогнестійкість</i>
	<i>EN 1996-2:2006 Частина 2: Конструктивний аналіз, вибір матеріалів і виконання кам'яної кладки</i>
	<i>EN 1996-3:2006 Частина 3: Спрощений метод розрахунку неармованих кам'яних конструкцій</i>
	<i>EN 1999-1-1:2007 Частина 1-1. Загальні правила для конструкцій</i>
<i>EN 1999 Eurocode 9 Проектування алюмінієвих конструкцій</i>	<i>EN 1999-1-2:2007 Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість</i>
	<i>EN 1999-1-3:2007 Частина 1-3: Конструкції, що чутливі до витривалості</i>
	<i>EN 1999-1-4:2007 Частина 1-4: Холоднодеформовані листи</i>
	<i>EN 1999-1-5:2007 Частина 1-5: Конструкції оболонки</i>

Імплементация Єврокодів:

- Кожна країна (Національний орган із стандартизації) реалізує Єврокод або відповідну частину Єврокоду як Національний стандарт, опублікувавши перекладений (ідентичний) текст або схваливши одну з 3 мовних версій (англійську, німецьку, французьку);
- Національний стандарт, який впроваджує Єврокод, має складатися з Національної титульної сторінки, Національної передмови, тексту Єврокоду і Національного додатку;
- Національний додаток публікується від імені і з дозволу національних компетентних органів влади;
- Національні параметри призначаються за встановленою процедурою і враховують особливості географічних і кліматичних умов, засобів життя, встановлюваних рівнів безпеки.

На даний час в Україні розроблено та затверджено національні стандарти, гармонізовані з Єврокодами, а саме:

– ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Система надійності та безпека у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT);

- ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1:2002, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–3. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-3:2003, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–4. Загальні дії. Вітрові навантаження (EN 1991-4:2005, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1–7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-7:2006, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1993-1-6:2011 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-6. Міцність і стійкість оболонок (EN 1993-1-6:2007, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1–8. Розрахунок з'єднань (EN 1993-1-8:2005, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила і правила для споруд. (EN 1994-1-1:2004, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1995-1-1:2004, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1996-1-1:2010 Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила для армованих та неармованих кам'яних конструкцій (EN 1996-1-1:2005, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1997-2:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 2. Дослідження і випробування ґрунту (EN 1997-2:2007, IDT);
- ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT);

– ДСТУ-Н Б EN 1999-1-1:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила для конструкцій (EN 1999-1-1:2007, IDT);

– ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1–2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2:2007, IDT).

Національний додаток (до частини Єврокоду) – додаток до частини Єврокоду, який містить параметри, визначені на національному рівні, які слід використовувати для проектування будівель і споруд у країні, де здійснюється імплементація (впровадження) Єврокодів.

EN 1990 встановлює принципи та вимоги до безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкцій, описує основи їх проектування та перевірки, а також дає керівні вказівки, які відносяться до аспектів конструктивної надійності.

EN 1990 передбачено використовувати разом з EN 1991 – EN 1999 для конструктивного проектування будівель та цивільних інженерних споруд, включаючи геотехнічні аспекти, конструкторське проектування при пожежі, ситуації, які включають землетруси, зведення і тимчасові споруди.

ПРИМІТКА. Для проектування спеціальних будівель і споруд (наприклад, атомні станції, дамби тощо) можуть бути необхідними інші умови ніж в EN 1991 – EN 1999.

Найважливіше те, що, крім принципів і вимог, у зазначеному стандарті містяться основи і загальні принципи проектування будівель і здійснення будівельних робіт (у тому числі геотехнічні аспекти, проектування пожежної безпеки, сейсмічних впливів, процеси будівництва та використання тимчасових конструкцій). Даний документ призначений для використання спільно зі стандартами EN 1991-EN 1999.

Тільки в Стандарті EN 1990, і ні в одному іншому Єврокодї, представлені всі істотні, незалежні від виду будівельного матеріалу правила (наприклад, часткові коефіцієнти по навантаженнях, формули, що описують сполучення навантажень для граничних станів за несучою здатністю та експлуатаційної придатності).

Стандарти EN 1992 – EN 1999 не можуть використовуватися без стандарту EN 1990, так як в них відсутні рекомендації, не залежні від конкретного виду будівельного матеріалу.

Деякі принципи стандарту EN 1990 можуть використовуватися для проектування спеціальних споруд (наприклад, ядерних установок, дамб), але при цьому може виникнути необхідність задіяти положення, що не увійшли до складу Єврокодів, зокрема для визначення конкретних видів впливів, а також для обліку додаткових вимог.

Даний стандарт може використовуватися для розрахунку надійності конструкції в частині безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності проектів конструкцій, що не регламентуються Єврокодами, наприклад для:

- оцінки впливів і поєднань впливів, що не увійшли до складу стандарту EN 1991;
- моделювання матеріалів, що не увійшли до складу Єврокодів (наприклад, нові та інноваційні матеріали, скло), а також їх роботи у складі конструкції;
- оцінки числових значень параметрів надійності (наприклад, часткові коефіцієнти та їх поєднання, що не увійшли до складу стандартів EN 1990-EN 1999).

Область застосування для оцінки існуючих конструкцій.

Стандарт EN 1990 також поширюється на оцінку існуючих конструкцій, на проектування ремонтних робіт і перебудов, на оцінку змін способу використання.

Наприклад, властивості будівельного матеріалу, використовуються в оцінці, повинні оцінюватися з використанням вимірних (дійсних) властивостей матеріалу існуючої конструкції. При оцінці властивостей матеріалу існуючої конструкції можуть використовуватися статистичні методи, і для цього може знадобитися додаткове керівництво.

В даний час відсутні норми і стандарти Європейського комітету з стандартизації CEN, які безпосередньо встановлюють процедуру оцінки існуючих конструкцій. Проте є стандарт ISO 13822 «Основи проектування конструкцій – оцінка існуючих конструкцій», у складі якого присутні додаткові положення, які можуть бути використані спільно зі стандартом EN 1990.

Статті стандарту EN 1990 являють собою або Принципи, або Правила застосування:

- «Принципи включають в себе: обов'язкові твердження і визначення, для яких немає ніяких альтернатив; обов'язкові вимоги та аналітичні моделі, для яких немає ніяких альтернатив, якщо спеціально не обумовлено протилежне».
- «Принципи позначені літерою «Р», розташованою за значком маркованого списку».
- «Правила застосування являють собою загальноприйняті методи, які відповідають Принципам і виконують їх вимоги».
- «Правила, альтернативні до правил Стандарту EN 1990, допустимі, якщо буде доведено, що вони відповідають принципам і, принаймні, не гірше них в частині безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності, передбачуваних при використанні відповідної статті Єврокодів».

Якщо альтернативне правило буде замінено правилом застосування, виконаний проект не може вважатися повністю відповідним єврокоду EN 1990, незважаючи на те, що він буде відповідати Принципам EN 1990.

Національні документи не повинні замінювати собою положення Єврокодів EN, в тому числі Правила застосування не повинні замінюватися національними правилами (кодексами, стандартами, нормативними положеннями тощо).

При цьому, якщо національні документи надають проєктувальнику право навіть після закінчення терміну одночасної дії двох систем норм відхилятися від Єврокодів і застосовувати національні документи або їх частини (наприклад, Правила застосування), проєкт не буде вважатися «розробленим відповідно до Єврокодів».

Формат Принципів та Правил застосування був обраний для Єврокодів спочатку для просування інновацій, коли інженер може мати можливість використовувати окремі незалежні Правила застосування (наприклад, на базі нових досліджень, випробувань), де, на його думку, інновації стримуються Єврокодами.

«Правила застосування маркуються тільки цифрою в дужках». У Правилах застосування зазвичай використовується дієслово «слідувати, слід»; Крім того, також може використовуватися дієслово «може», наприклад для вказівки на альтернативне правило застосування. Дієслова «є» і «може» використовуються для тверджень або в якості «вихідних положень».

Що стосується всіх Єврокодів, особлива увага приділяється наступним ключовим визначенням, які можуть відрізнятися від того, в якому сенсі вони використовуються на практиці в різних країнах:

- «вплив» означає навантаження або деформацію (наприклад, внаслідок температурного впливу або опадів);
- «міцність» означає механічну властивість матеріалу, вимірюється в одиницях напруги;
- «опір» означає механічну властивість частини поперечного перерізу елемента або конструкції;
- «результати впливів» представляють собою внутрішні моменти і зусилля, моменти вигину, зсувні зусилля і деформації, викликані впливами.

EN 1992-1-2 містить принципи, вимоги та правила проєктування будівель та споруд із конструкцій, що зазнали вогневого впливу, враховуючи такі аспекти.

EN 1992-1-2 призначений для замовників (наприклад, для викладення їх особливих вимог), проєктувальників, підрядників та органів державної влади.

Основною метою захисту від пожежі є обмеження ризику для людини та групи людей, їх майна та, у разі потреби, навколишнього середовища або майна, що безпосередньо зазнає впливу вогню у разі пожежі.

Розділи даного посібника призначені в якості керівництва до чотирьох окремих документів: Єврокод EN 1991-1-2, Єврокод EN 1992-1-2, Єврокод EN 1993-1-2 і Єврокод EN 1994-1-2 з посиланням на Єврокод EN 1990, який присвячений основам проєктування будівель і споруд.

4.2. Проектування протипожежного захисту будівель та споруд

Будівлі та споруди проектують і зводять так, щоб у разі виникнення пожежі:

- забезпечувалася несуча здатність конструктивної системи протягом певного проміжку часу;
- обмежувалося виникнення та поширення вогню і диму в будівлях;
- обмежувалося поширення вогню на сусідні будівлі;
- мешканці могли залишити будівлі або врятуватися іншими способами;
- враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів.

Всі будівлі повинні відповідати певним функціональним вимогам, що включають засоби евакуації, визначення шляхів поширення пожежі всередині будівлі, визначення шляхів розповсюдження пожежі зовні будівлі, визначення шляхів доступу протипожежної служби до засобів гасіння пожежі. Вимоги викладено у нормативних документах. Важливо відзначити, що будівельні норми і правила призначені тільки для забезпечення необхідних стандартів щодо захисту здоров'я та безпеки людей, які перебувають у середині і за межами будівлі. В них не розглядаються заходи щодо обмеження збитку будівельним конструкціям, але така мета не виключається. Будівельні норми і правила не призначені для забезпечення мінімізації фінансових витрат, викликаних пожежею. Це має велике значення для проектування протипожежного захисту будівель і споруд, коли для виконання умов замовника не вистачає вимог нормативних документів.

Найбільш важлива вимога до будівельних конструкцій в умовах поширення пожежі всередині будівлі полягає в наступному: будівля має бути сконструйована і зведена таким чином, щоб у разі пожежі стійкість будівлі зберігалася протягом тривалого періоду часу.

При розробці Єврокодів передбачалося, що демонстрація відповідності нормативним вимогам для альтернативних методів повинна проводитись за допомогою розрахунків, заснованих на експлуатаційних характеристиках матеріалів та елементів конструкцій.

Міцність і жорсткість сталевих та залізобетонних елементів конструкцій знижуються з підвищенням температури, і зниження цих характеристик особливо важливо в діапазоні температур між 400 і 700°C [10].

Найбільш простим способом розрахунку сталевих конструкцій, що знаходяться в умовах пожежі, є розрахунок будівлі для нормальних умов навколишнього середовища, а потім перевірка того, що температура сталевих елементів конструкцій, покритих вогнезахисними матеріалами, не перевищує певного критичного значення або не перевищує певний відсоток від несучої здатності конструкції при температурі пожежі.

Необхідні експлуатаційні характеристики залізобетонних конструкцій в умовах пожежі приймаються, як правило, за табличними значеннями, які передбачають мінімальні розміри і мінімальну товщину покриття для посилення вогнестійкості. Для бетонних конструкцій розміри

вогнестійкого покриття, прийняті для умов пожежі, зазвичай достатні для отримання необхідного ступеня вогнестійкості.

Вимоги до збереження стійкості будівлі протягом розумно достатнього періоду часу традиційно відносяться до часу, необхідного для «виживання» конструкції в ході стандартних випробувань на вогнестійкість.

Як було зазначено вище, загальноприйнятий спосіб досягнення прийнятого періоду вогнестійкості будівель із сталевим каркасом полягає в застосуванні засобів пасивного вогнезахисту елементів конструкції [10]. Засоби пасивного вогнезахисту можуть бути представлені традиційними будівельними матеріалами, такими, як бетон або цегляна кладка. Аж до кінця 70-х років ХХ століття бетон був найпоширенішою формою забезпечення вогнезахисту елементів конструкцій. Однак висока вартість такого виду вогнезахисту, а також проблема, пов'язана з високотемпературним розтріскуванням бетону під час пожежі, викликала необхідність розробки альтернативних способів захисту.

Найчастіше теплоізоляція забезпечується розпиленням протипожежних аерозолів і установкою вогнестійких плит, а також поєднанням обох варіантів.

Покриттям, що спучуються, в порівнянні з традиційними методами вогнезахисту, може віддаватися перевага. Системи аерозольного вогнезахисту використовуються в місцях, де сталеві конструкції не видно, наприклад, нижні поверхні перекриттів, закриті підвісними стелями.

Захист за допомогою вогнестійких плит (гіпсокартонних плит або сухої штукатурки) переважно використовується в місцях, де ці плити можуть піддаватися вогневному впливу. У сучасних офісних приміщеннях зі сталевим каркасом найбільш поширеною формою захисту є аерозольне покриття балок і захист колон вогнестійкими плитами.

Найбільш поширеним способом досягнення певної вогнестійкості сталевих конструкцій як і раніше є використання пасивних засобів вогнезахисту [10]. Товщина шару протипожежного захисту виводиться, виходячи з розрахунку коефіцієнта перетину (H_p/A чи A_m/V). Це відношення величини периметра, який прогрівається, до повної площі поперечного перерізу, що передбачає наявність змінюваних величин, при яких різні перетини сталевих конструкцій нагріваються під час пожежі.

Методики розрахунку, викладені в стандарті BS 5950, частина 8, включають метод розрахунку граничної температури. У цій простій, але ефективній методиці використовується концепція співвідношення навантажень (коефіцієнта навантаження), тобто відношення навантаження, що діє під час пожежі, до гранично допустимого навантаження при нормальній температурі, для обчислення величини граничної температури нагріву, яка потім порівнюється з розрахунковою температурою і проводиться оцінка необхідності застосування засобів пасивного вогнезахисту. Величина розрахункової температури може визначатися або за результатами випробувань, або виходячи з табличних даних, опублікованих в стандартах. Зниження цього значення допускається тільки для двотаврових (I) і з

широкими полками двотаврових профілів (Н) з малими величинами відношення (D/B), що враховують екрануючі ефекти.

Необхідно взяти до уваги, що методика розрахунку граничної температури не може застосовуватися до балок в зонах дії значних поперечних сил. У цій методиці використовуються коефіцієнти приведення навантаження для граничного стану пожежі.

Альтернативний варіант полягає в застосуванні методики моменту від зовнішнього навантаження. Ця методика не застосовується для тонкостінних профілів. Вона широко не поширена, оскільки потрібні відомості про температурний профіль балки. Момент від навантаження ґрунтується на відомій температурі критичних елементів з використанням відповідних коефіцієнтів зниження міцності. Якщо момент від навантаження не перевищує граничного моменту перетину при граничному пожежному стані, то захист балки не потрібен.

Розробка будівельних Єврокодів дала проектувальникам можливість прийняти функціональний підхід для проектування залізобетонних конструкцій, які піддаються впливу реальної пожежі, з урахуванням вигідних сторін динаміки всієї будівлі, внутрішньої цілісності та живучості належним чином запроєктованих залізобетонних будівель [10]. У розділах Єврокодів, що відносяться до протипожежного захисту, викладається новий підхід до протипожежного проектування будівель і конструкцій.

Для проектувальників залізобетонних конструкцій, більш знайомих з дуже простим розпорядчим підходом до проектування протипожежного захисту конструкцій, що засновані на використанні спрощених довідкових таблиць, нові принципи можуть здатися надмірно складними. Однак методологія протипожежного проектування, викладена в Єврокодах, дає проектувальникам значно більше гнучкості у використанні методів проектування. Діапазон наявних варіантів коливається від простого розгляду динаміки окремих елементів конструкції, які піддаються впливу стандартної пожежі, до прийняття до уваги фізичних параметрів, що впливають на виникнення та розвиток пожежі, в поєднанні з аналізом стану всієї будівлі.

Зазначений досить складний процес може бути істотно спрощений шляхом його поділу на три етапи, що складаються з: визначення характеристик розрахункової пожежі, теплотехнічного розрахунку розподілу температур в межах конструкції та розрахунку реакції конструкції на пожежний вплив.

Відмінність європейської системи полягає в тому, що вся необхідна проектувальникам інформація не представлена в одному документі [10]. Інформація щодо температурного впливу для виконання аналізу температури взята з EN 1991-1-2; методика розрахунку підвищення температури несучих сталевих конструкцій (як захищених, так і незахищених) знаходиться в EN 1993-1-2 і EN 1994-1-2.

Значення температури залізобетонних елементів конструкцій, які піддаються впливу стандартної пожежі, наведені в таблицях EN 1992-1-2.

Методики розрахунків несучої здатності конструкцій викладені в розділах з протипожежної безпеки в EN 1992, EN 1993 і EN 1994, а значення впливів (або навантажень), що використовуються для оцінки, взяті з відповідних розділів EN 1991.

4.3. Галузь застосування EN 1991 частина 1.2, EN 1992 частина 1.2, EN 1993 частина 1.2 і EN 1994 частина 1.2

EN 1991-1-2 є частиною Єврокоду 1, що містить правила завдання навантажень і впливів при пожежі. Цей стандарт застосовується в поєднанні з Єврокодами EN 1992-EN 1999; в них визначаються правила протипожежного проектування будівель і споруд з різних будівельних матеріалів і розглядаються особливі умови. У EN 1991 частина 1.2 розглядаються основні принципи і впливи для будівельного проектування будівель і споруд.

Температуро-часові криві (температурні режими пожежі), які використовуються для розрахунку будівельних конструкцій, можуть бути представлені або номінальними кривими пожежі, або фізичними моделями пожежі. Типові номінальні криві (режими пожежі) можуть включати стандартні температуро-часові характеристики (ISO 834, BS 476, частина 20, BS EN 1363-1 1201), використовуються для визначення вогнестійкості, а також більш жорсткі криві (режими) вуглеводневої пожежі, що використовуються для проектування морських бурових платформ і підприємств нафтової промисловості. Фізичні моделі пожежі включають параметричний підхід, метод еквівалентної тривалості пожежі та уточнені моделі - зонна або польова модель пожежі.

Частина будівельного Єврокода, що відноситься до пожежної безпеки, застосовується для проектування сталевих конструкцій, а саме: EN 1993, частина 1.2, як і британський стандарт BS 5950, частина 8, містить інформацію щодо характеристик сталі, яка знаходиться під впливом високих температур, що застосовуються в розрахункових моделях, призначених для визначення вогнестійкості при впливі підвищених температур. Однак між європейськими та національними документами існує ряд істотних відмінностей.

Єврокод EN 1993, частина 1.2 не є окремим документом. По відношенню до розрахунку температурно-часових характеристик він повинен застосовуватися в поєднанні з розділом пожежної безпеки Єврокоду EN 1991. У розділі пожежної безпеки Єврокоду EN 1993 розглядається проектування сталевих конструкцій для аварійної ситуації, зумовленої впливом пожежі в контексті несучої здатності. У цьому документі визначаються тільки відмінності від проектування або доповнення до нього для нормальних умов (нормальної температури навколишнього середовища).

Розглядається застосування тільки пасивних (порівняно з активними) форм протипожежного захисту. Крім того, розділ пожежної безпеки EN 1993 охоплює холодногнуті елементи конструкцій.

Сталезалізобетонні конструкції не розглядаються в цьому документі, вони викладені у відповідному розділі пожежної безпеки EN 1994. У Великобританії відбулася зміна пріоритетів проектування, тобто тепер проектування за допомогою розрахунків переважає проектуванням, що засноване на результатах випробувань і є альтернативним варіантом розрахунку.

Розділ пожежної безпеки Єврокоду для сталезалізобетону EN 1994-1-2 щодо галузі застосування аналогічний відповідній частині норм і правил, що відносяться до сталевих конструкцій. Характеристики матеріалу, який перебуває при високій температурі, наводяться для будівельної сталі, арматурної сталі і залізобетону. Табличні дані представлені для різних значень розмірів поперечного перерізу і площ арматури для ряду балок і колон. Застосування табличних даних обмежено умовами стандартної пожежі.

У розділі пожежної безпеки Єврокоду EN 1992 частина 1.2 розглядається проектування залізобетонних конструкцій для аварійної ситуації пожежного впливу. Цей розділ застосовується спільно з основною частиною Єврокоду EN 1992 та розділом з пожежної безпеки Єврокоду, який розглядає навантаження і впливи. У розділі викладаються питання запобігання передчасному обваленню конструкцій і обмеженню поширення пожежі за межі її виникнення.

Методика проектування і табличні дані даються для армованих колон і колон з попередньо напруженого залізобетону, стін (несучих і ненесучих), елементів конструкцій, що працюють на розтяг, армованих балок і балок з попередньо напруженого залізобетону, армованих плит і плит з попередньо напруженого залізобетону. EN 1992 частина 1.2 не охоплює конструкції з попередньо напруженою арматурою, тонкостінні просторові конструкції та системи активного протипожежного захисту. Цей стандарт проектування протипожежного захисту дає характеристики матеріалів, що знаходяться в зоні високих температур, таких, як бетон (звичайної міцності, легкий бетон і бетон високої міцності), арматурна сталь і напружена арматура. Важливо відзначити, що теплопровідність залізобетону, зазначена в цьому документі, відрізняється від прийнятого значення, наведеного в EN 1994.

EN 1992-1-2 містить принципи, вимоги та правила проектування будівель та споруд з конструкцій, що зазнали вогневого впливу, враховуючи такі аспекти. Основною метою захисту від пожежі є обмеження ризику для людини та групи людей, їх майна та, у разі потреби, навколишнього середовища або майна, що безпосередньо зазнає впливу вогню у разі пожежі.

Директива 89/106/ЕЕС встановлює основні вимоги для обмеження пожежних ризиків. Будівлі та споруди проектують і зводять так, щоб у разі виникнення пожежі:

- забезпечувалася несуча здатність конструктивної системи протягом певного проміжку часу;
- обмежувалося виникнення та поширення вогню і диму в будівлях;
- обмежувалося поширення вогню на сусідні будівлі;

- мешканці могли залишити будівлі або врятуватися іншими способами;
- враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів».

Єврокод 2 поширюється на проектування будинків та споруд з конструкціями із залізобетону. Він відповідає основним положенням і вимогам щодо їх безпеки та експлуатаційної придатності.

Єврокод 2 стосується лише вимог міцності, експлуатаційної придатності, довговічності та вогнестійкості залізобетонних конструкцій.

Частина 1-2 EN 1992 поширюється на проектування залізобетонних конструкцій на випадок аварійних ситуацій під час пожежі та призначена для використання разом з EN 1992-1-1 та EN 1991-1-2. Частина 1-2 визначає відмінності або доповнює вимоги до проектування за нормальної температури. Частина 1-2 EN 1992 стосується тільки пасивних методів вогнезахисту. Активні методи захисту не наведені. Частина 1-2 EN 1992 поширюється на залізобетонні конструкції, що мають виконувати конкретні функції під час пожежі:

- запобігання передчасному руйнуванню конструкції (несуча функція);
- обмеження поширення вогню (полум'я, гарячих газів, надлишкового нагрівання) за межі визначених зон (огороджувальна функція).

Частина 1-2 EN 1992 стосується конструкцій або частини конструктивної системи, що перебувають в межах дії EN 1992-1-1 та запроектовані відповідним чином, за винятком:

- конструкцій з зовнішньою попередньо напруженою арматурою;
- конструкцій оболонок.

Наведені в цій частині 1-2 EN 1992 методи застосовують для важкого бетону класу міцності до C90/C105 включно та для легкого бетону класу міцності до LC55/60. Додаткові та альтернативні методи визначення для класів міцності бетону вище C50/60 наведені в розділі 6 Єврокоду.

4.4. Різниця між принципами і правилами застосування

Як і всі Єврокоди, чотири документи, описані вище, проводять відмінність між принципами і правилами застосування. Принципами є ствердження і визначення загального характеру, що не мають альтернативи. Правилами є загальноприйняті способи виконання робіт, що впливають з принципів і відповідають їх вимогам.

Допускається використовувати альтернативні варіанти правил застосування, однак у цьому випадку проектувальник повинен довести, що обраний ним альтернативний варіант відповідає вимогам принципів, принаймні, за ступенем надійності.

Правила застосування можна розглядати в якості розпорядчих керівництв, що забезпечують відповідність вимогам. Допускається, щоб проектувальники розробляли рішення, засновані на цілеспрямованому підході і які відповідають функціональним вимогам, але ці альтернативні варіанти повинні бути, принаймні, такими ж надійними, як і розпорядчі рішення.

Правила, викладені в діючих національних нормах і правилах у багатьох випадках відповідають вимогам принципів, зазначених у Єврокодах.

4.5. Національні додатки та національно зумовлені параметри

Національні стандарти, що реалізують Єврокоди, містять повний текст Єврокодів (включаючи всі технічні доповнення) відповідно з тим, як вони були опубліковані Європейським комітетом по стандартизації. Перед текстом самого Єврокоду розташовані національна титульна сторінка і національний вступ, за яким слідує національні додатки. Національні додатки містять тільки інформацію за тими параметрами, які залишені відкритими в Єврокодах для того, щоб їх можна було вибрати на національному рівні. Ці параметри відомі як національно визначальні параметри. Вони будуть застосовуватися для проектування будівель і виконання будівельних робіт у країні, яка їх запровадила.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Конструкції які поділяють будівлю по висоті на поверхи і являють собою горизонтальні несучі конструкції, які опираються на стіни чи опори – це...

- A) стіни;
- B) перегородки;
- C) перекриття.

2. Конструктивна система – це...

- A) несучі елементи будівлі або цивільних інженерних споруд і спосіб, яким дані елементи функціонують разом;
- B) ідеалізація конструктивної системи, яка використовується з метою розрахунку, проектування та перевірки;
- C) комплекс житлових, громадських, складських, промислових, виробничих будівель.

3. Дайте назву Єврокоду EN 1990 :2002...

- A) пожежна безпека;
- B) проектування сталезалізобетонних конструкцій;
- C) основи проектування конструкцій.

4. Дайте повну назву Єврокоду EN 1991...

- A) башти, щогли і димові труби - Башти і щогли;
- B) дії на конструкції;
- C) проектування конструкцій з елементами, що напружуються.

5. Національний додаток – це...

- A) додаток до частини Єврокоду, який містить параметри, визначені на

національному рівні, які слід використовувати для проектування будівель і споруд у країні, де здійснюється імплементація (впровадження) Єврокодів;
В) додаток до частини ДБН, який містить параметри, визначені на державному рівні, які слід використовувати для проектування будівель та споруд в країні;
С) відповідь А і В.

6. *Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Розрахунок з'єднань – це національний стандарт, гармонізований з Єврокодом...*

- А) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011;
- В) ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010;
- С) ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010.

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Дах складається з таких частин....*

- А) несучої;
- В) відповідь А і С;
- С) огорожувальної.

2. *Конструкції, які слугують для з'єднання між поверхами – це...*

- А) сходи;
- В) перегородки;
- С) перекриття.

3. *Конструктивні схеми будівель поділяються:*

- А) блочні, без каркасні;
- В) каркасні з повним каркасом, каркасні з неповним каркасом;
- С) відповідь А і В.

4. *Дайте назву Єврокоду EN 1993 Eurocode: 3...*

- А) проектування сталевих конструкцій;
- В) проектування дерев'яних конструкцій;
- С) проектування залізобетонних конструкцій.

5. *Дайте назву Єврокоду EN 1992...*

- А) основні правила - Вогнестійкість;
- В) проектування залізобетонних конструкцій;
- С) конструкції для зберігання і утримання рідини.

6. *Національний додаток – це...*

- А) додаток до частини Єврокоду, який містить параметри, визначені на національному рівні, які слід використовувати для проектування будівель і споруд у країні, де здійснюється імплементація (впровадження) Єврокодів;
- В) додаток до частини ДБН, який містить параметри, визначені на державному

рівні, які слід використовувати для проектування будівель та споруд в країні;
С) відповідь А і В.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Конструкції, які забезпечують верхнє огороження споруди для захисту приміщень від зовнішніх кліматичних факторів і впливів, - це

- А) перекриття;
- В) стіни;
- С) дах.

2. Єврокоди служать основоположними документами для таких цілей:

- А) як засоби забезпечення відповідності будівель та споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі №1 «Механічний опір та стійкість» та основній вимозі №2 «Пожежна безпека», як основа для укладання угод на будівельні роботи та супутні інженерні послуги;
- В) як основа для розроблення узгоджених технічних умов на будівельні вироби (ENs та ETAs);
- С) відповідь А і В.

3. Дайте повну назву Єврокоду EN 1992 Eurocode 2:

- А) проектування сталевих конструкцій;
- В) проектування дерев'яних конструкцій;
- С) проектування залізобетонних конструкцій.

4. Дайте повну назву Єврокоду EN 1999-1-2:2007

- А) конструкції, що чутливі до витривалості;
- В) розрахунок конструкцій на вогнестійкість;
- С) конструкції оболонки.

5. Проектування сталевих конструкцій – це національний стандарт, гармонізований з Єврокодом...

- А) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010;
- В) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010;
- С) ДСТУ-Н Б EN 1993.

6. ЄВРОКОДИ являють собою комплекс з :

- А) 10 стандартів;
- В) 20 стандартів;
- С) 30 стандартів.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Конструкції, які призначені для верхнього освітлення виробничих цехів, віддалених від віконних прорізів, і для улаштування повітрообміну в приміщеннях, – це

- A) ліхтарі;
- B) дах;
- C) скло.

2. *Розрахункова модель – це*

- A) несучі елементи будівлі або цивільних інженерних споруд і спосіб, яким дані елементи функціонують разом;
- B) ідеалізація конструктивної системи, яка використовується з метою розрахунку, проектування та перевірки;
- C) комплекс житлових, громадських, складських, промислових, виробничих будівель.

3. *Дайте повну назву Єврокоду EN 1996 Eurocode 6:*

- A) проектування кам'яних конструкцій;
- B) проектування залізобетонних конструкцій;
- C) проектування металевих конструкцій.

4. *Дайте повну назву Єврокоду EN 1993:*

- A) основні правила – Вогнестійкість;
- B) проектування сталевих конструкцій;
- C) загальні правила і правила для споруд.

5. *Національний додаток – це...*

- A) додаток до частини Єврокоду, який містить параметри, визначені на національному рівні, які слід використовувати для проектування будівель і споруд у країні, де здійснюється імплементація (впровадження) Єврокодів;
- B) додаток до частини ДБН, який містить параметри, визначені на державному рівні, які слід використовувати для проектування будівель та споруд в країні;
- C) відповідь А і В.

6. *Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд – це національний стандарт, гармонізований з Єврокодом...*

- A) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010;
- B) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010;
- C) ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010.

Розділ 5

СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СТАЛЕЙ

1. Хімічний склад і технологія виробництва сталі.
2. Оцінка властивостей сталі та діаграма деформування сталі.
3. Нормативні та розрахункові опори сталі.
4. Маркування сталі та вибір марки сталі.
5. Вогнестійкість сталей та вплив корозії.

5.1. Хімічний склад і технологія виробництва сталі

Більшість будівельних металевих конструкцій виготовляють з прокатної сталі, її частка становить близько 95% всього обсягу металевих конструкцій; з алюмінієвих сплавів – близько 5%, а виливків зі сталі та чавуну – менше 1% [1].

Сталь – це сплав заліза з вуглецем і незначними домішками, що надходять разом з рудою та паливом.

У ряді випадків для поліпшення властивостей до складу сталі вводять легуючі компоненти. Залежно від вмісту легуючих компонентів сталі поділяються на: **вуглецеві** – легуючі компоненти не вводяться; **низьколеговані** – сумарний вміст легуючих компонентів не перевищує 2,5%; **середньолеговані** – легуючих елементів 2.5...10 %; **високолеговані** – легуючих домішок понад 10 %.

У будівництві найчастіше застосовують вуглецеві й низьколеговані сталі. Середньолеговані сталі використовують менше, а високолеговані – лише в окремих екстремальних випадках, наприклад, при високих чи дуже низьких температурах, в агресивних середовищах. Це зумовлено нестачею і високою вартістю легуючих компонентів.

Вуглецеву сталь поділяють на **маловуглецеву** – з вмістом вуглецю до 0,25%; **середньовуглецеву** – вуглецю 0,25...0,60 %; **високовуглецеву** – вуглецю 0,60...1,2%.

Будівельні сталі містять вуглецю до 0,22 %, тобто вони маловуглецеві. Два останні види сталей широко застосовують у машинобудуванні як конструкційні, інструментальні тощо [1].

Збільшення вмісту **вуглецю** зумовлює зростання міцності, але водночас знижує пластичність та зварюваність сталі. Невеликий вміст вуглецю у будівельних сталях забезпечує їхню добру зварюваність і високу пластичність.

Залізо забезпечує пластичність. Пластичне руйнування відбувається поступово, цьому передують значні деформації, тому розвинені пластичні властивості мають істотне значення для безпечної роботи конструкції.

Легуючі добавки (кремній, марганець, мідь, хром, нікель, ванадій, молібден, алюміній) підвищують міцність і пластичність сталі. В основному застосовуються низьколеговані сталі з сумарним вмістом легуючих добавок не більше 5%.

Суттєво підвищує міцність без значного зниження пластичності **марганець**, який завжди наявний у сталях. Його вміст у вуглецевих сталях переважно становить 0,30...0,65 %, а в легованих – більший, залежно від марки сталі. Третьою домішкою, яку найчастіше містять вуглецеві сталі, є **кремній** – найпоширеніший розкислювач. Він сприяє отриманню дрібнозернистої структури та підвищенню міцності. Але при цьому зменшуються зварюваність і стійкість до корозії.

Тому бажано, щоб вміст кремнію не перевищував 0,3%. В умовах, які спричиняють інтенсивну корозію, корисною домішкою є **мідь**. Разом з поліпшенням корозійної стійкості **мідь** підвищує і міцність (хоча менше, ніж марганець), але погіршує зварюваність.

Крім зазначених елементів, леговані сталі додатково містять такі домішки, як нікель, хром, ванадій, вольфрам, молібден, титан, бор тощо, їх введення до складу сталей поліпшує експлуатаційні якості матеріалу.

Поряд з корисними домішками до складу сталей входять і шкідливі, які неминуче надходять з рудою та паливом.



Рисунок 5.1 – Вимоги до будівельних сталей

Шкідливі домішки (сірка, фосфор, кисень, водень, незв'язаний азот) підвищують крихкість сталі; їх зміст обмежується (не більше 0,04 ... 0,05 %), знижують пластичність сталі та її стійкість до крихкого руйнування. Щоб уникнути потрапляння шкідливих домішок при зварюванні розплавлений метал необхідно захищати від впливу атмосфери.

Фосфор підвищує крихкість сталі при знижених температурах (**холодноламкість**).

Сірка сприяє утворенню тріщин при температурі 800 ... 1000 °С (**красноламкість**).

Суттєвий вплив на якість сталі як матеріалу для металевих конструкцій мають особливості її кристалічної будови. При кімнатній температурі основна складова частина вуглецевої сталі – залізо – перебуває у вигляді мікроскопічних зерен, що мають атомну решітку фериту. Орієнтація решіток окремих зерен хаотична.

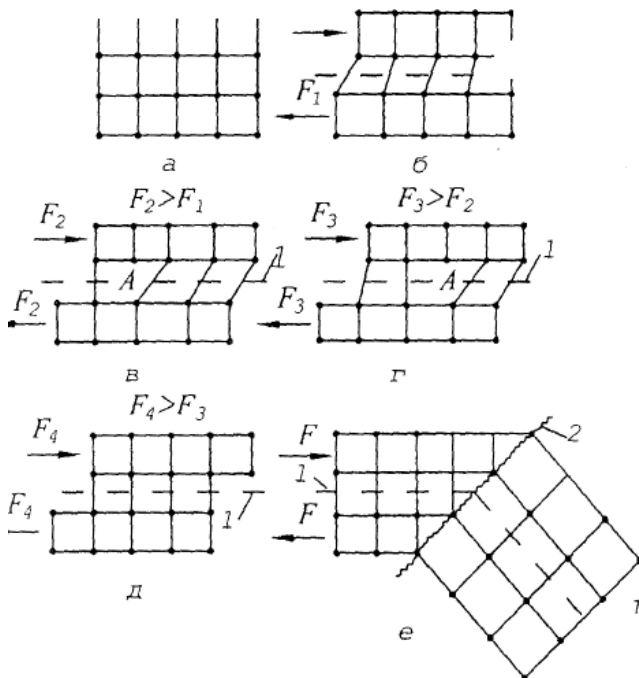


Рисунок 5.2 – Послідовні стадії деформування монокристала

Сталь отримують в конвертерах з продувкою киснем в мартенах або електропечах (рис. 5.3).

Початковою сировиною є **чавун**, який відрізняється від сталі більш високим вмістом вуглецю, кремнію, марганцю, сірки, фосфору. Не виключено використання в якості сировини металобрухту.

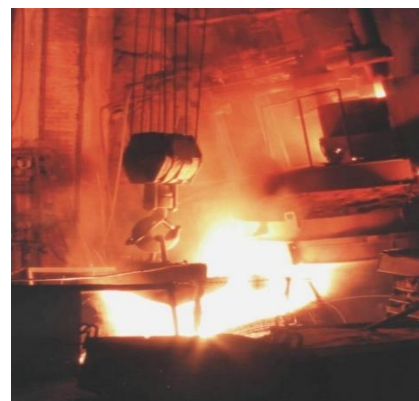


Рисунок 5.3 – Розливка сталі

5.2 Оцінка властивостей сталі та діаграма деформування сталі

Після плавки сталь розливають ковшами у *випливниці*, де відбувається охолодження і кристалізація металу. У процесі кристалізації виділяється велика кількість газів - сталь «кипить», це погіршує її якість. Після виплавлення сталь містить розчинені гази (переважно O_2 , CO та CO_2) як наслідок окиснення вуглецю чавуну. При охолодженні ці гази бурхливо виділяються. Сталь ніби кипить, звідси й походить назва кипляча сталь [1].

Виділення газів під час кристалізації призводить до неоднорідності металу. З цієї причини і внаслідок підвищеного вмісту кисню така сталь має знижений опір крихкому руйнуванню. Отриману сталь називають *киплячою*, вона придатна лише для невідповідальних конструкцій.

З метою поліпшення якості при закінченні плавки в сталь вводять розкисники, що зв'язують кисень. Реакція окиснення вуглецю припиняється, і сталь кристалізується спокійно. Спокійне остигання досягається використанням розкислювачів (*кремнію, марганцю, алюмінію*), які пов'язують гази, утворюючи шлак.

Шлаки концентруються у верхній частині зливка; її згодом зрізують і відправляють на переплавку. Отримана сталь називається *спокійною*, вона на 10-12 % дорожча за киплячу і застосовується у відповідальних конструкціях.

При неповному розкисненні (меншій кількості розкислювача) виходить *напівспокійна* сталь. За ціною і якістю вона займає проміжне положення між киплячою і спокійною. *Напівспокійна* сталь є компромісом між киплячою і спокійною. Витрата розкисників у два – п'ять разів менша, ніж для спокійної сталі. Відповідно нижчою є і вартість. Але за якістю така сталь поступається спокійній. Тому для важливих конструкцій та елементів використовують спокійні сталі. Більшість будівельних легованих сталей виплавають спокійними.

Для виготовлення будівельних металевих конструкцій найчастіше застосовують вуглецеві сталі таких марок: ВСтЗкп2, ВСтЗпсб, ВСтЗсп, ВСтЗГспб, де В – група поставки сталі; СтЗ – порядковий номер сплаву; кп, пс і сп – скорочені позначки (відповідно киплячої, напівспокійної і спокійної) сталей. Остання цифра марки позначає категорію поставки.

Таблиця 5.1 – Класифікація сталі за ступенем розкиснення

Сталь	Розкислювач (кремній), %	Частина зливка, що зрізується, %
кипляча (кп)	–	5
напівспокійна (пс)	0,05...0,15	8
спокійна (сп)	0,12...0,80	15

Для підвищення міцності сталі застосовується **термічна обробка і легування**.

Основні види **термічної обробки** – загартування, нормалізація, відпуск і відпал. Вони відрізняються температурою нагріву та умовами охолодження.

Під час повільного охолодження на повітрі в різних частинах зерен аустеніту цементит утворюється також неодночасно, що, в свою чергу, розбиває його на кілька зерен фериту. Цей процес називається **нормалізацією**. У результаті сталь стає більш однорідною, зростає її в'язкість і пластичність. При швидкому охолодженні (наприклад, водою) сталі, нагрітої до температури фазового перетворення, відбувається **гартування**. Сталь зберігає переохоложену решітку аустеніту і містить вуглець у твердому розчині. Така структура нестійка. Для її стабілізації здійснюють **відпуск** – повторне нагрівання з повільним охолодженням. Найчастіше відпуск виконують при нижчих температурах ніж гартування – до 700 °С.

Якість сталі оцінюють за механічними властивостями та хімічним складом. Як сказано вище, робота сталі під навантаженням значною мірою залежить від міцності й роботи поверхонь зерен та прошарків між ними.

Легування сталі полягає в додаванні спеціальних легуючих елементів, що підвищують її міцність і пластичність. Деякі добавки пов'язують шкідливі домішки, перетворюючи їх на корисні.

5.3. Нормативні та розрахункові опори сталі

Фізична границя текучості σ_y – це напруження, при якому відбувається зростання пластичних деформацій без збільшення зовнішнього навантаження, $y = yield$ (текучість).

Умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$ – це напруження, при досягненні якого і подальшому розвантаженні залишкові деформації складають 0,2%.

Тимчасовий опір σ_u – це напруження, яке відповідає найбільшому навантаженню, що передує руйнуванню зразка, $u = ultimate$ (граничний).

Пружність – це здатність матеріалу відновлювати свою первинну форму після зняття зовнішнього навантаження.

Пружні характеристики сталі:

Модуль пружності E – це тангенс кута нахилу дотичної до кривої деформування на початку координат. **Модуль пружності** приймається постійним для всіх марок сталі: $E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа.

Границя пружності σ_e – це найбільше напруження, при якому деформації зникають після зняття навантажень, $e = elastic$ (пружність).

Пластичність – це здатність матеріалу отримувати незворотні (залишкові) деформації після зняття зовнішнього навантаження, $p = plastic$ (пластичність). Пластичність характеризується відносним залишковим видовженням при розриві δ .

Діаграма деформування сталі

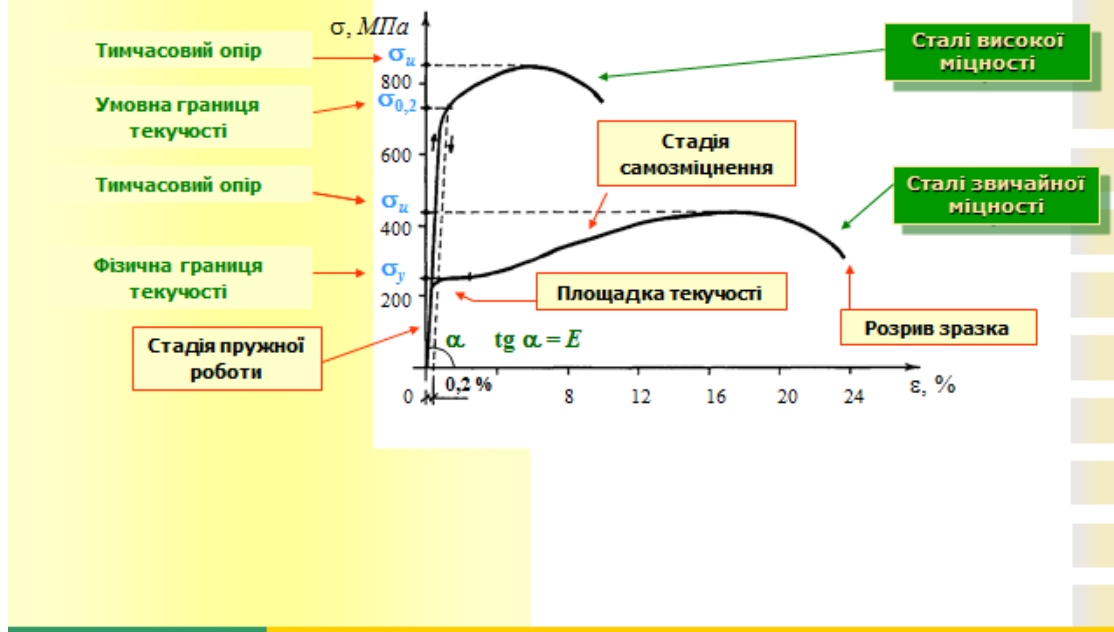


Рисунок 5.4 – Діаграма деформування сталі

Нормативний опір матеріалу – це значення його міцнісної характеристики, прийняте з забезпеченістю **0,95** на підставі статистичної обробки результатів стандартних випробувань зразків;

Розрахунковий опір визначається діленням нормативного на коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m ; для сталі $\gamma_m = 1,025 \dots 1,15$ (в залежності від марки); для бетону $\gamma_m = 1,15 \dots 1,50$.

5.4. Маркування сталі та вибір марки сталі

Основним видом обробки на заводах, що виготовляють металеві конструкції, є обробка у холодному стані (різання, пробивання отворів, гнуття тощо). Тому важливою є здатність сталі пластично деформуватися при звичайних температурах без утворення тріщин. За цим показником оцінку ведуть після загинання стрічкового зразка навколо круглої оправки. Показником є найменший діаметр круглої оправки, навколо якої зразок згинається на 180° без утворення тріщин. Переважно для будівельних сталей цей показник не повинен бути більшим за дві товщини зразка.

Хімічний склад сталі характеризується процентним вмістом у ній різних домішок. Сталі з однаковим хімічним складом і механічними властивостями об'єднують у марки [1].

Залежно від гарантій постачальників сталі поділяють на групи й категорії. Розрізняють три групи вуглецевих сталей:

група А – сталь має гарантовані механічні якості;
 група Б – сталь має гарантований хімічний склад;
 група В – сталь має гарантовані механічні якості та хімічний склад.

Для будівельних конструкцій використовують тільки маловуглецеву сталь групи В, оскільки для забезпечення міцності конструкцій необхідні гарантовані механічні властивості, а для зварюваності – хімічний склад.

Нормативні і розрахункові опори сталі

Нормативні та розрахункові опори прокату, МПа

Марка сталі	товщина прокату, мм	нормативні				розрахункові			
		листового, широкополкового, універсального		фасонного		листового, широкополкового, універсального		фасонного	
		R_{yk}	R_{yk}	R_{yk}	R_{yk}	R_y	R_z	R_y	R_z
С 245	від 2 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	понад 20 до 30	-	-	235	370	-	-	230	360
С 345	від 2 до 10	345	490	345	490	335	480	335	480
	понад 10 до 20	325	470	325	470	315	460	315	460
	понад 20 до 40	305	460	305	460	300	450	300	450
С 375	від 2 до 10	375	510	375	510	365	500	365	500
	понад 10 до 20	355	490	355	490	345	480	345	480
	понад 20 до 40	335	480	335	480	325	470	325	470

Рисунок 5.5 – Нормативні і розрахункові опори сталі



Рисунок 5.6 – Маркування сталі

У позначеннях марок легованих сталей відображено їхній хімічний склад, який впливає на механічні властивості сплавів. Літери є умовними позначеннями назви компонентів сплаву. Наприклад: (У) вуглець підвищує міцність, знижує пластичність і зварюваність; (С) кремній вживається як розкисник, впливає подібно до вуглецю, але дещо слабше; (Г) марганець підвищує міцність, слабо впливає на пластичність та зварюваність, компенсує вплив сірки; (Д) мідь підвищує корозійну стійкість та міцність, дещо знижує пластичність.

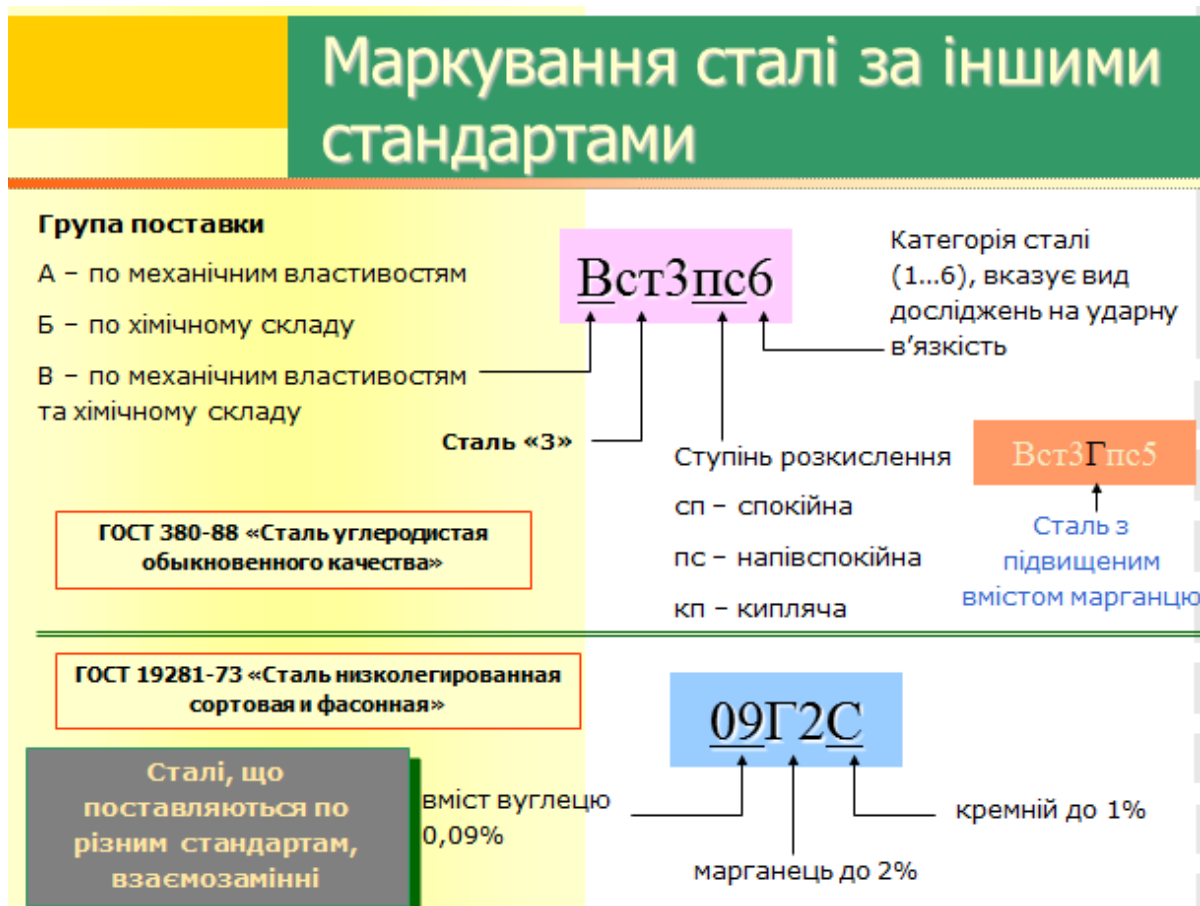


Рисунок 5.7 – Маркування сталі за іншими стандартами

Для кожної конкретної конструкції марку визначають згідно з призначенням споруди, видом напруженого стану, а також способом виготовлення і умовами експлуатації. За цими показниками конструкції поділяють на чотири групи. До першої групи належать зварні конструкції, які працюють в особливо важких умовах при несприятливих напружених станах. Остання, четверта група об'єднує другорядні й допоміжні елементи, напружений стан і технологія виготовлення яких сприяють безпеці експлуатації. Щоб спростити визначення механічних характеристик сталей і створити передумови для їх взаємозаміни під час виготовлення конструкцій, у нормативних документах (СНиП II-23-81*) марки сталей згруповані. За ГОСТ 27772–88 сталі позначають так: С235, С245, С255, С275, С285, С345 та С345Т, С345К, С375 та С375Т, С390 та

C390T, C390K, C440, C590 і C590K. Наприклад, сталь C235 об'єднує рекомендовані для використання у металевих конструкціях марки: ВСтЗкп2, ВСтЗкп2-1 та 18кп; сталь С245 – листовий прокат товщиною до 20мм і фасонний до 30мм марки ВСтЗпсб та марки ВСтЗпсб-1, 18пс; сталь С255 – марки ВСтЗспб, ВСтЗГпсб, ВСтЗпсб (листовий прокат товщиною 20...40 мм і фасонний понад 30 мм), ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1, 18сп, 18Гпс, 18Гсп.

У назвах буква "С" є скороченням слова сталь, а подальші цифри вказують на найбільше значення нормативного опору сталі за границею текучості при розтягу (в мегапаскалях).

Слід звернути увагу на те, що зі збільшенням товщини прокату характеристики міцності зменшуються, і прокат однієї й тієї ж марки, але різної товщини може належати до різних сталей. Окрім цього, в межах одного позначення сталі прокат різної товщини має різні нормативні й розрахункові опори.

Прокатка є одним з видів гарячої обробки металів тиском і виконується на прокатних станах.

Розігріті злитки багаторазово пропускаються між двома валками, що обертаються назустріч один одному, при цьому метал пластично деформується і набуває заданої форми (лист, рейка, двотавр і тощо).

Чим товще прокат, тим менше ступінь обтиснення і швидкість охолодження, тому **зі збільшенням товщини прокату характеристики міцності знижуються.**

5.5. Вогнестійкість сталей та вплив корозії

Загальна тенденція залежності від температури механічних властивостей металів, що використовуються у будівництві, така: при зростанні температури зменшуються значення модуля пружності та границь текучості й міцності, а низькі температури підвищують крихкість сталі. Причому ці закономірності нелінійні. Так, нагрівання вуглецевої сталі до 200...250 °С мало змінює її механічні властивості. Але вже при 300...350 °С сталь набуває грубозернистої структури і стає крихкою (так звана синьоламкість).

При цій температурі не рекомендується піддавати її пластичному деформуванню та ударним навантаженням. Подальше нагрівання сталі знову покращує її пластичність, але починають швидко зменшуватися границі текучості та міцності. Наприклад, при 500 °С ці показники зменшуються приблизно у 1,5 рази, а при 600...650°С настає температурна пластичність, тобто границя текучості й модуль пружності наближаються до нуля. Суттєве зменшення пластичних властивостей цих сталей спостерігається при охолодженні нижче -10 °С. При температурі нижче -45 °С сталь стає крихкою.

Висока міцність матеріалу зумовлює відносно малі перерізи елементів конструкцій. Водночас метал володіє високою теплопровідністю, тому при пожежі несучі конструкції зі сталі та алюмінієвих сплавів швидко нагріваються до температури переходу металу в *пластичний стан* і настає руйнування. Отже, вогнестійкість металевих конструкцій незначна, що є одним з їхніх недоліків.

Корозія – це процес руйнування металу внаслідок хімічного, біохімічного чи електрохімічного впливу навколишнього середовища.

Існують такі види корозії: газова, атмосферна, в електролітах, у рідинах, які не є електролітами (здебільшого органічних, наприклад, у бензині), ґрунтова, структурна (коли руйнується один з елементів структури), електрична (під впливом електричних, особливо блукаючих струмів), контактна (коли між різними металами в місці контакту виникає різниця електричних потенціалів), щілинкова (у вузьких зазорах між різними деталями), при дії нормальних чи дотичних напружень, біологічна (під впливом мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності) та інші.

Швидкість корозії залежить від багатьох факторів, але вирішальною є наявність у навколишньому середовищі агресивних речовин і вологи. Вступаючи в хімічні реакції з агресивними складниками (насамперед з киснем), метал руйнується. Волога створює передумови для електрохімічної корозії і пришвидшує цей процес.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Властивості, які важливі для сталі...*

- A) механічні, експлуатаційні;
- B) технологічні;
- C) відповідь А і В.

2. *Вуглецеву сталь поділяють на....*

- A) маловуглецеву, середньовуглецеву, високовуглецеву;
- B) не поділяють;
- C) низьколеговані, середньолеговані, високолеговані.

3. *Які шкідливі домішки є в сталі...*

- A) залізо, марганець, кремній, мідь;
- B) сірка, фосфор, кисень, водень, незв'язаний азот;
- C) відповідь А і В.

4. *Нормативний опір сталі має забезпеченість...*

- A) 0,9973;
- B) 3,00;
- C) 0,95.
- D) 1,64

5. *Вирішити задачу.*

Умова: потрібно підібрати переріз розтягнутого стержня (розкошу) ферми за розрахунковим зусиллям $N = 535$ кН; сталь С245; $R_y = 24$ кН/см²; $\gamma_c = 0,95$.

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Термічна обробка – це...*

- A) загартування;
- B) загартування, нормалізація, відпуск і відпал;
- C) відпуск і відпал.

2. *Легування полягає...*

- A) в додаванні спеціальних легуючих елементів, що підвищують міцність і пластичність сталі;
- B) в додаванні спеціальних легуючих елементів, що понижують міцність і пластичність сталі;
- C) в змішуванні різних елементів.

3. Фізична границя текучості – це...

- А) напруження, при досягненні якого і подальшому розвантаженні залишкові деформації складають 0,2%;
- В) напруження, при якому відбувається зростання пластичних деформацій без збільшення зовнішнього навантаження;
- С) напруження, яке відповідає найбільшому навантаженню, що передуює руйнуванню зразка.

4. Розрахунковий опір сталі отримують...

- А) діленням нормативного опору на коефіцієнт надійності за матеріалом;
- В) множенням нормативного опору на коефіцієнт запасу 0,95;
- С) множенням нормативного опору на коефіцієнт надійності за матеріалом;
- Д) діленням нормативного опору на коефіцієнт варіації.

5. Розв'язати задачу. Умова: потрібно підібрати переріз розтягнутого розкосу ферми за розрахунковим зусиллям $N = 410$ кН; сталь С345; $R_y = 345$ МПа; $\gamma_c = 0,9$.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Пружність – це...

- А) найбільше напруження, при якому деформації зникають після зняття навантажень;
- В) тангенс кута нахилу дотичної до кривої деформування на початку координат;
- С) здатність матеріалу відновлювати свою первинну форму після зняття зовнішнього навантаження.

2. Встановіть відповідність....

- | | |
|--|-----------------------------------|
| Розрахунковий опір сталі за границею текучості | <input type="checkbox"/> R_y |
| Розрахунковий опір сталі з тимчасового опору | <input type="checkbox"/> R_{un} |
| Нормативний опір сталі за границею текучості | <input type="checkbox"/> R_u |
| Нормативний опір сталі з тимчасового опору | <input type="checkbox"/> R_{yn} |

3. Визначте, яка марка сталі С345К?

- А) сталь будівельна звичайна;
- В) сталь підвищеної корозійної стійкості з добавкою міді;
- С) сталь хімічного складу.

4. Вміст вуглецю в будівельній сталі становить не більше...

- 0,02%
- 0,22%
- 2,00%
- 12%
- 22%
- 52%

5. Розв'язати задачу. Умова: потрібно підібрати переріз розтягнутого розкосу ферми за розрахунковим зусиллям $N = 335$ кН; сталь С375; $R_y = 375$ МПа; $\gamma_c = 0,95$.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Корозія – це...

- А) процес руйнування металу внаслідок хімічного, біохімічного чи електрохімічного впливу навколишнього середовища;
- В) здатність матеріалу отримувати незворотні (залишкові) деформації після зняття зовнішнього навантаження;
- С) відповідь А і В.

2. До якої групи відноситься сталь, що має гарантовані механічні якості та хімічний склад?

- А) група А;
- В) група Б;
- С) група В.

3. Як класифікується сталь за ступенем розкислення:

- А) кипляча, напівспокійна, спокійна;
- В) розкислена;
- С) відповідь А і В.

4. У позначенні марки сталі С345 число «345» означає:

- Тимчасовий опір сталі за границею текучості
- Нормативний опір сталі за границею текучості
- Розрахунковий опір сталі за границею текучості
- Розрахунковий опір сталі з тимчасового опору
- Нормативний опір сталі з тимчасового опору
- Міцність сталі

5. Розв'язати задачу. Умова: потрібно підібрати переріз розтягнутого розкосу ферми за розрахунковим зусиллям $N = 365$ кН; сталь С375; $R_y = 37$ кН/см²; $\gamma_c = 0,95$.

Розділ 6

НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ. МЕТОД ГРАНИЧНИХ СТАНІВ

1. Класифікація навантажень та впливів.
2. Сполучення навантажень.
3. Основні положення методу граничних станів.
4. Нормативні та розрахункові опори матеріалів.
5. Розрахунок за першою та другою групою граничних станів.

6.1. Класифікація навантажень та впливів.

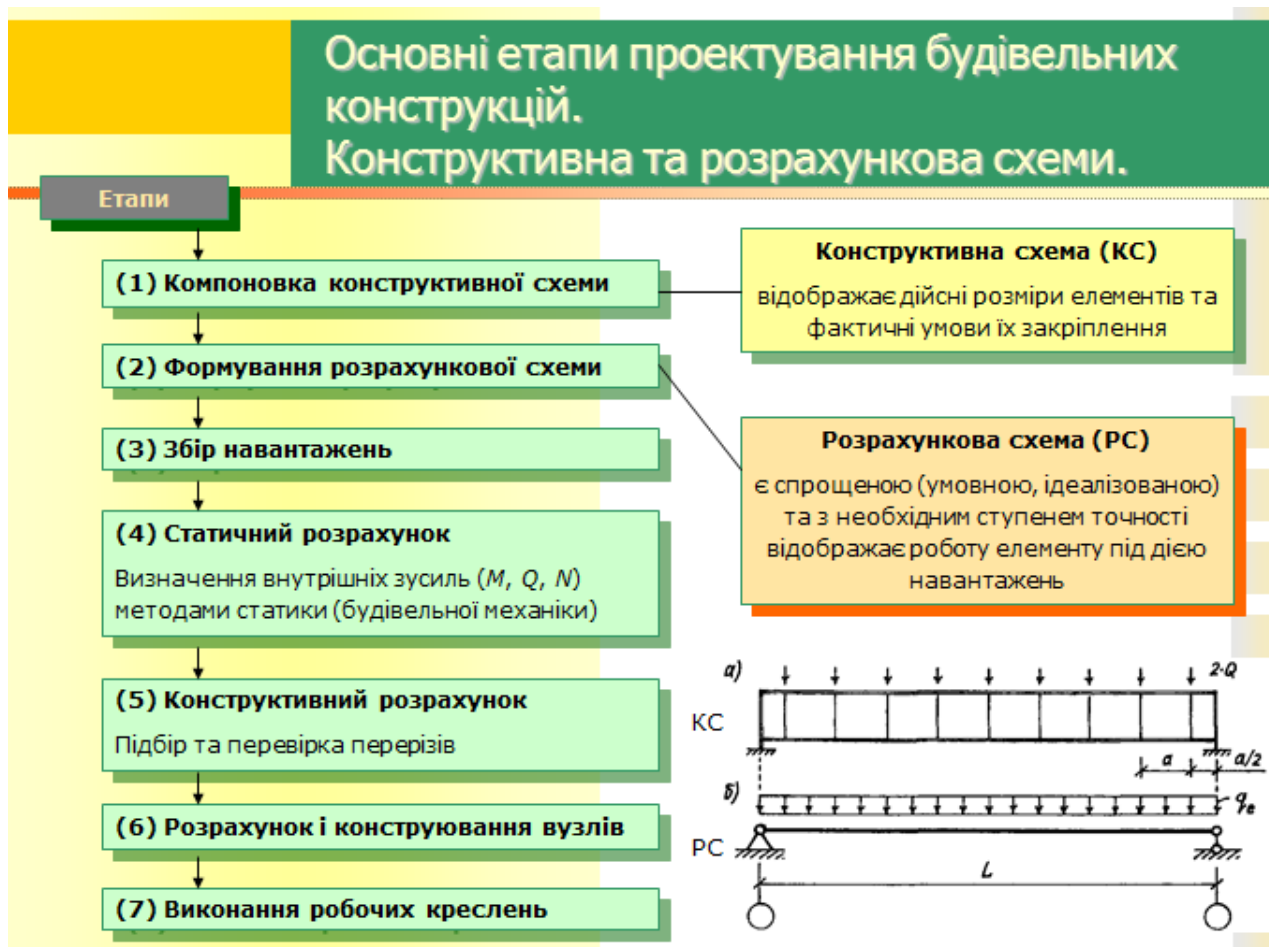


Рисунок 6.1 – Етапи проектування будівельних конструкцій

В залежності від *причин виникнення* навантаження і впливи поділяються на *основні* та *епізодичні* [6].

Основні навантаження бувають *постійними* і *мінливими*, а епізодичні, залежно від тривалості безперервної дії, поділяються на *довготривалі* й *короткочасні*.

Характеристичні (нормативні) значення навантажень визначаються за ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.

Розрахункові значення навантажень визначаються шляхом множення характеристичних значень на **коефіцієнт надійності за навантаженням**.

Залежно від характеру навантажень та мети розрахунку використовують чотири види розрахункових значень навантажень: **граничне, експлуатаційне, циклічне, квазіпостійне**.

Граничне значення використовують при розрахунках на міцність та стійкість, **експлуатаційне** – жорсткість та тріщиностійкість, **циклічне** – витривалість, **квазіпостійне** – повзучість.

До основних **постійних** навантажень належать:

а) власна вага частин споруд, в тому числі вага несучих та огорожувальних конструкцій;

б) вага й тиск ґрунтів, гірський тиск.

До **мінливих довготривалих** 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.

Повний перелік навантажень вказаний в [6].



Рисунок 6.2 – Класифікація навантажень

До основних *мінливих короткочасних* навантажень належать [6]:

- 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 (рис.5.3);
- е) температурні кліматичні впливи.



Рисунок 6.3 – Руйнування конструкцій покриття від снігового навантаження

Наприклад, характеристичні навантаження *на перекриття* громадських будівель від скупчення людей прийнято за 4 кН/м^2 . При цьому виходять з припущення, що на 1 м^2 перекриття можуть розміститися 5 чоловік масою по 80 кг кожен. Однак цілком ймовірно, що маса людини може перевищувати 80 кг. Тому вводять коефіцієнт надійності $\gamma_f = 1,2$. Розрахункове навантаження на перекриття визначають $4,8 \text{ кН/м}^2$.

Снігові та вітрові нормативні навантаження визначають за даними довгострокових метеорологічних спостережень, $\gamma_f = 1,4 \dots 1,6$. Снігові і вітрові встановлюються за середнім із щорічних несприятливих значень (рис. 6.4, 6.5). Вся територія держави поділена на 6 снігових районів. Для снігового навантаження $\gamma_f = 1,4$.

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).

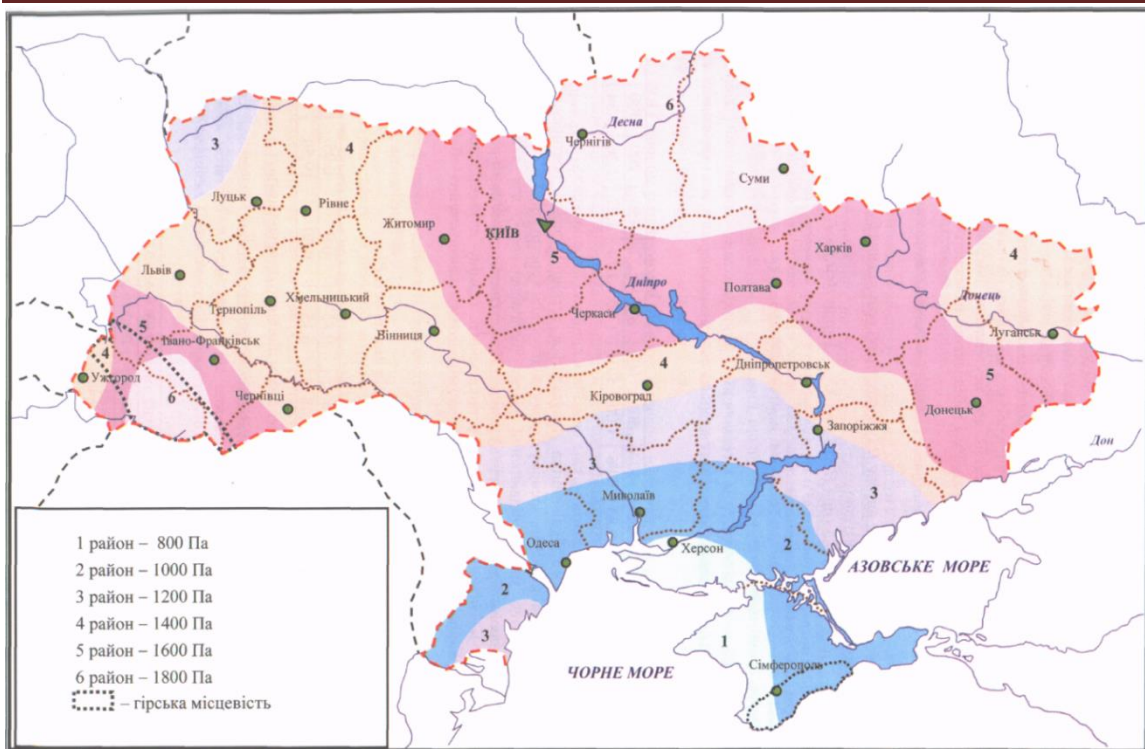


Рисунок 6.4 – Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву

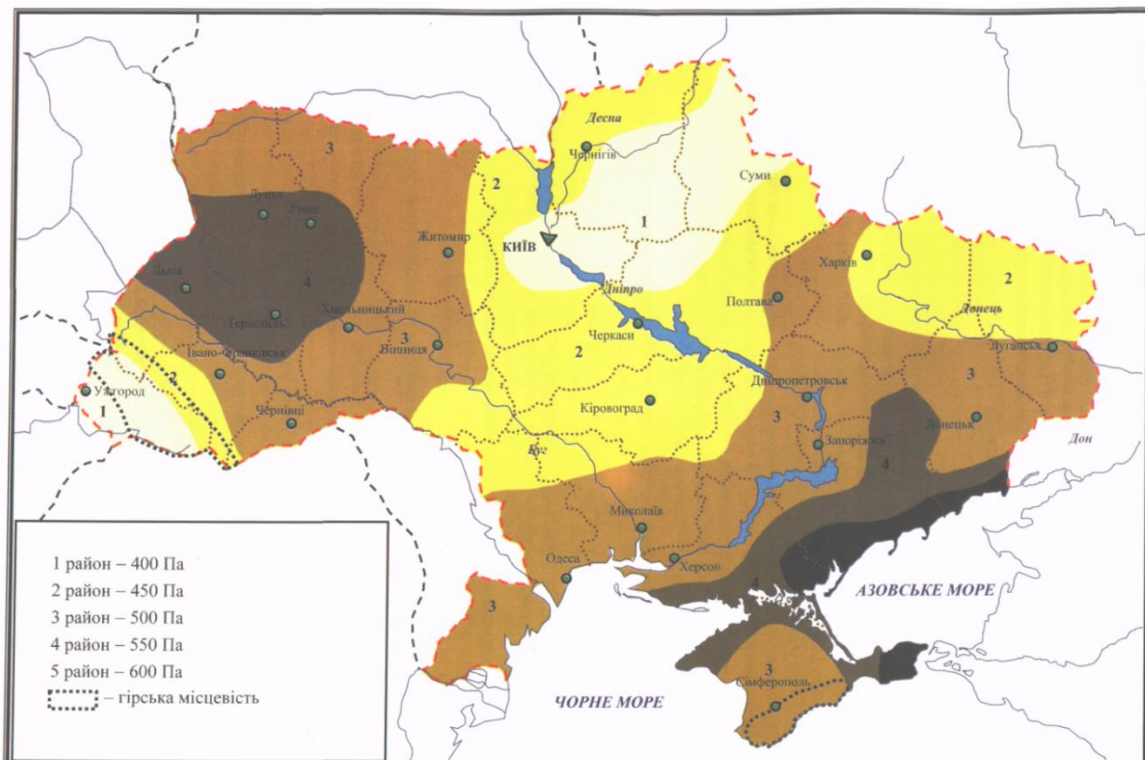


Рисунок 6.5 – Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску

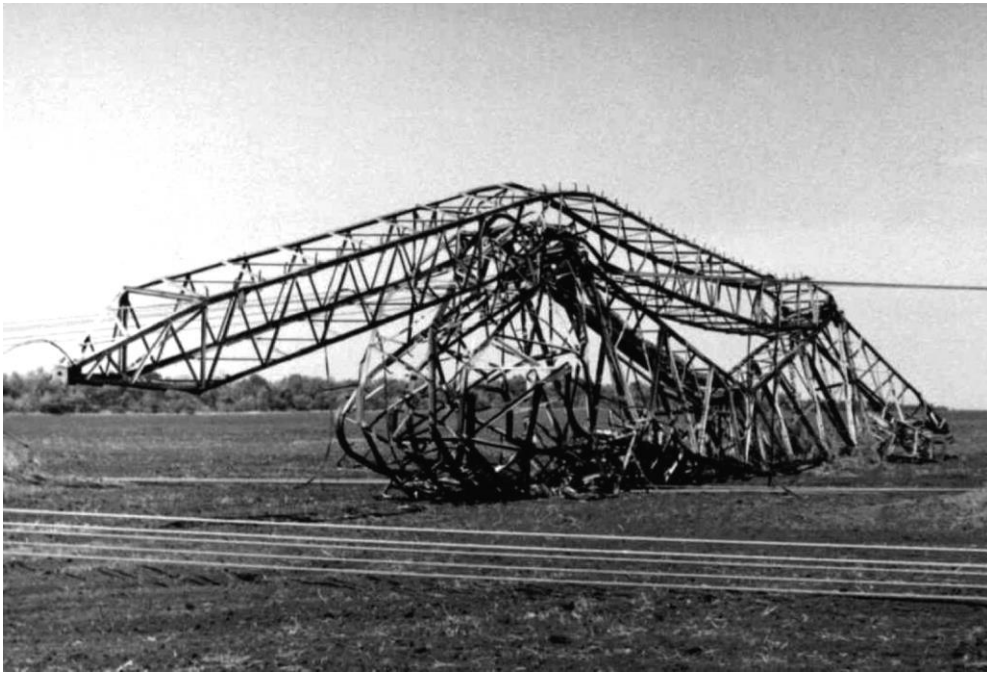


Рисунок 6.6 – Руйнування інженерної споруди від ожеледі



Рисунок 6.7 – Загрози будівлі

Класифікація навантажень, що використовується в ДБН В.1.2-2:2006, дозволяє віднести випадок пожежі до особливих впливів. У відповідності з цим, для оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій використовуються постійні та тривалі навантаження [6].

При пожежі на конструкцію впливають: висока температура, тиск продуктів горіння та газів, падаючі уламки конструкцій, пролита вода, різні коливання температури.

6.2. Сполучення навантажень

Сполучення навантажень – це сукупність навантажень, які найбільш несприятливо впливають на конструкції з погляду даного граничного стану [6].

У розрахунках конструкцій використовуються два типи сполучень: **основний і аварійний**.

Основне сполучення навантажень являє собою сукупність постійних та мінливих навантажень, в **аварійне сполучення** входить одне з епізодичних навантажень (наприклад, сейсмічне).

Мала вірогідність одночасної реалізації розрахункових значень декількох навантажень враховується множенням розрахункових значень, котрі входять до сполучення навантажень на коефіцієнт сполучення $\psi \leq 1$.

Для основних сполучень, що містять у собі постійні та не менше двох мінливих навантажень, останні приймаються з коефіцієнтом сполучень $\psi_1=0,95$ для довготривалих навантажень та $\psi_2=0,9$ для короткочасних навантажень.

Для аварійних сполучень коефіцієнт сполучень приймається рівним $\psi_1=0,95$ для мінливих довготривалих навантажень та $\psi_2=0,8$ для короткочасних навантажень.

Аварійне навантаження приймається з коефіцієнтом сполучення $\psi_1=1$.

Для основних сполучень при врахуванні трьох та більше мінливих короткочасних навантажень, їх розрахункові значення дозволяється помножити на коефіцієнт сполучень ψ_2 , який приймається для першого (за ступенем впливу) короткочасного навантаження 1,0; для другого – 0,8; для решти – 0,6.

Сполучення навантажень

На конструкцію діє, як правило, кілька навантажень, і при розрахунку необхідно виявити їх найбільш несприятливе поєднання.

При обліку одночасної дії більше двох навантажень їхні розрахункові значення множать на коефіцієнти сполучень $\psi < 1$.

Коефіцієнт сполучень ψ враховує малоймовірність одночасної дії максимальних значень декількох навантажень.

Для деяких багатоповерхових будинків (наприклад, житлових) враховується малоймовірність одночасної дії максимальних значень тимчасових рівномірно розподілених навантажень

- **на всій вантажній площі перекриття:** при розрахунку елементів перекриттів тимчасове навантаження множать на понижуючий коефіцієнт ψ_x ;
- **на всіх поверххах:** при розрахунку колон, стін і фундаментів тимчасове навантаження множать на понижуючий коефіцієнт ψ_x .

Сполучення	Навантаження, що враховуються	Коефіцієнти сполучень ψ для навантажень			
		постійних	тривалих	короткочасних	особливих
Основне 1	Постійне + одне тимчасове	1	1	1	-
Основне 2	Постійне + дві і більше тимчасових	1	0,95	0,9	-
Особливе	Постійне + тимчасове + одне особливе	1	0,95	0,8	1

Рисунок 6.8 – Сполучення навантажень

6.3. Основні положення методу граничних станів

В кінці 60-х років було розроблено метод розрахунку за граничними станами. Основна відмінність від попередніх методів в тому, що чітко встановлюється поняття граничного стану і вводиться система розрахункових коефіцієнтів. Конструкції, які розраховані за цим методом, значно економічні.

Граничними називають такі стани конструкцій, при яких вони перестають задовольняти вимогам, поставленим під час зведення та експлуатації.

Граничні стани – стани, за межами яких конструкція більше не відповідає належним розрахунковим критеріям.

Граничні стани за несучою здатністю – стани, пов'язані з руйнуванням або іншими схожими формами відмови конструкції.

Граничні стани за експлуатаційною придатністю – стани, що відповідають умовам, поза межами яких визначені експлуатаційні вимоги для конструкції або елемента конструкції більше не виконуються.

Граничні стани об'єднують у дві групи:

- граничні стани першої групи призводять до вичерпання несучої здатності конструкцій, зумовлюють їх непридатність для подальшої експлуатації;

- граничні стани другої групи зумовлюють непридатність конструкцій для нормальної експлуатації чи знижують їх довговічність внаслідок значного деформування.

Найпоширенішими **граничними станами першої групи** є в'язке, крихке, руйнування від втомленості чи іншого характеру руйнування, спричинене силовими впливами; руйнування від одночасної дії силових факторів та несприятливих впливів зовнішнього середовища; загальна втрата стійкості форми; втрата стійкості положення; якісна зміна конфігурації; резонансні коливання; стани, при яких виникає необхідність припинити експлуатацію через текучість матеріалу, зсуви у з'єднаннях, повзучість, наявність тріщин у металевих конструкціях тощо.

До **граничних станів другої групи** належать надмірні переміщення, осідання, кути поворотів, коливання, розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях.

Тому для забезпечення того, щоб під час нормальної експлуатації споруди не настало жодного з граничних станів, вводять систему розрахункових коефіцієнтів, які враховують можливі відхилення (у несприятливий бік) різних факторів, що впливають на надійну роботу конструкції:

- **коефіцієнти надійності за навантаженням** $\gamma_f \geq 1$, які враховують мінливість навантажень або впливів. При розрахунках за I групою граничних станів $\gamma_f > 1$ (розрахункове значення навантаження), за II групою $\gamma_f = 1$ (характеристичне значення навантаження);

- коефіцієнти надійності за матеріалом $\gamma_m > 1$ (γ_s, γ_b – для арматури та бетону), які враховують мінливість властивостей міцності цього матеріалу;

- коефіцієнти надійності за призначенням будівлі γ_n , враховують ступінь відповідальності та капітальності будівлі та споруди. Для споруд особливо важливого народно - господарського та соціального призначення (корпуси ТЕЦ, стадіони, цирки, кінотеатри, дитячі садочки, лікарні) $\gamma_n = 1$; для споруд найбільш масового характеру (житлові, промислові, с/г будівлі) $\gamma_n = 0,95$; для складів, теплиць, одноповерхових житлових будівель та тимчасових будівель та споруд $\gamma_n = 0,9$;

- коефіцієнти умов роботи $\gamma_c > 1$, які дозволяють оцінити деякі особливості роботи матеріалів та конструкцій в цілому, котрі не можуть бути відображені у розрахунках прямим шляхом.

Розрахункові коефіцієнти встановлюють на основі вірогідно-статистичних методів. Вони забезпечують потрібну надійність роботи конструкції для всіх стадій виготовлення, транспортування, зведення та експлуатації.

6.4. Характеристичні та розрахункові опори матеріалів

Характеристичний (нормативний) опір матеріалів – це встановлене нормами граничне значення напруження в матеріалі R_n , МПа.

Розрахунковий опір матеріалів R – отримується шляхом ділення нормативного опору на відповідний коефіцієнт надійності за матеріалом:

$$R_s = R_{sn} / \gamma_s, R_b = R_{bn} / \gamma_b, \quad (6.1)$$

де R_s, R_b – розрахункові опори арматури розтягу та бетону стиску;

R_{sn}, R_{bn} – характеристичні опори арматури розтягу та бетону стиску;

γ_s, γ_b – коефіцієнт надійності за матеріалом для арматури та бетону.

6.5. Розрахунок за першою та другою групою граничних станів

Розрахувати за **першою групою** граничних станів – забезпечити несучу здатність, перевіряючи умову: максимальне зусилля N від розрахункового навантаження не повинне перевищувати мінімальну несучу здатність Φ

$$N(g_n, v_n, \gamma_f, \psi) \leq \Phi(R_n, I/\gamma_m, \gamma_c, I/\gamma_n, S) \quad (6.2)$$

$$(N, M, Q) \quad (I, A, W),$$

де N, M, Q – поздовжня сила, згинальний момент, поперечна сила;

g_n, v_n – характеристичні значення постійного та мінливого навантажень, які шляхом множення на коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f складають розрахункове навантаження;

ψ – коефіцієнт сполучень навантажень;

R_n – характеристичний (нормативний) опір матеріалу, який шляхом ділення на коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m , множення на коефіцієнт

умов роботи γ_c , та ділення на коефіцієнт надійності за призначенням будівлі γ_n складає розрахунковий опір матеріалу;

$S (I, A, W)$ – геометричні характеристики поперечного перерізу (момент інерції, площа, момент опору).

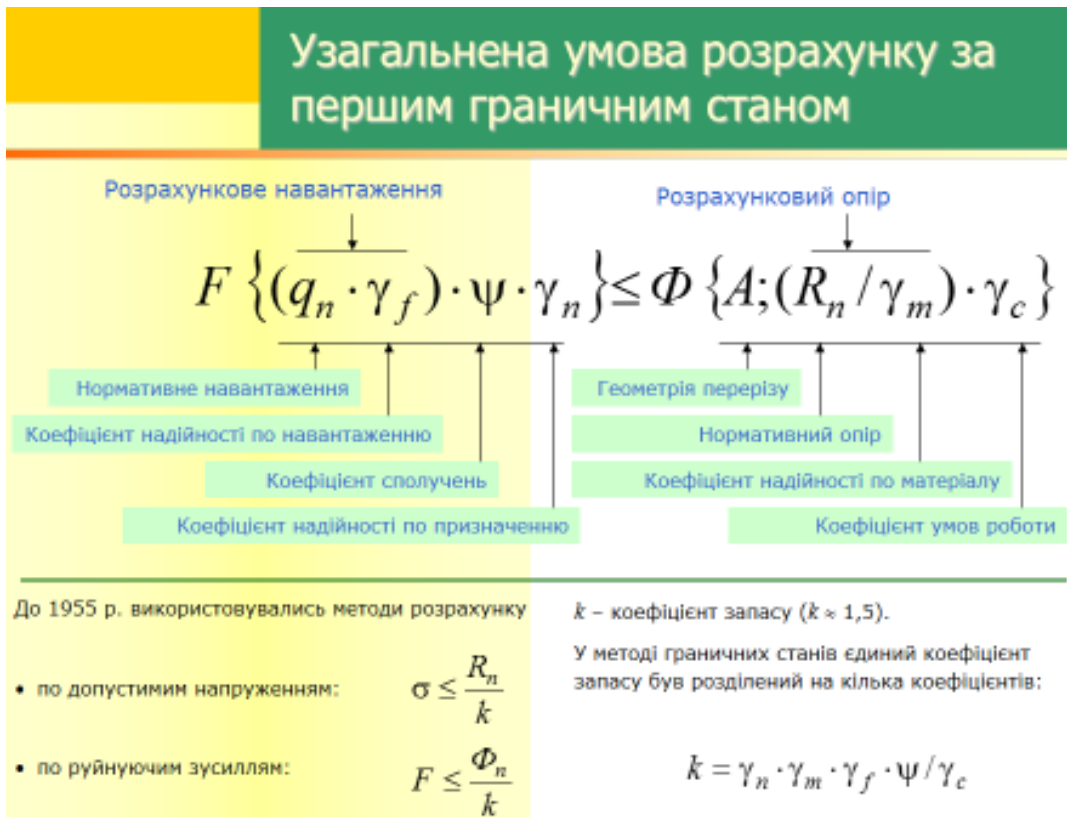


Рисунок 6.9 – Розрахунок за першим граничним станом

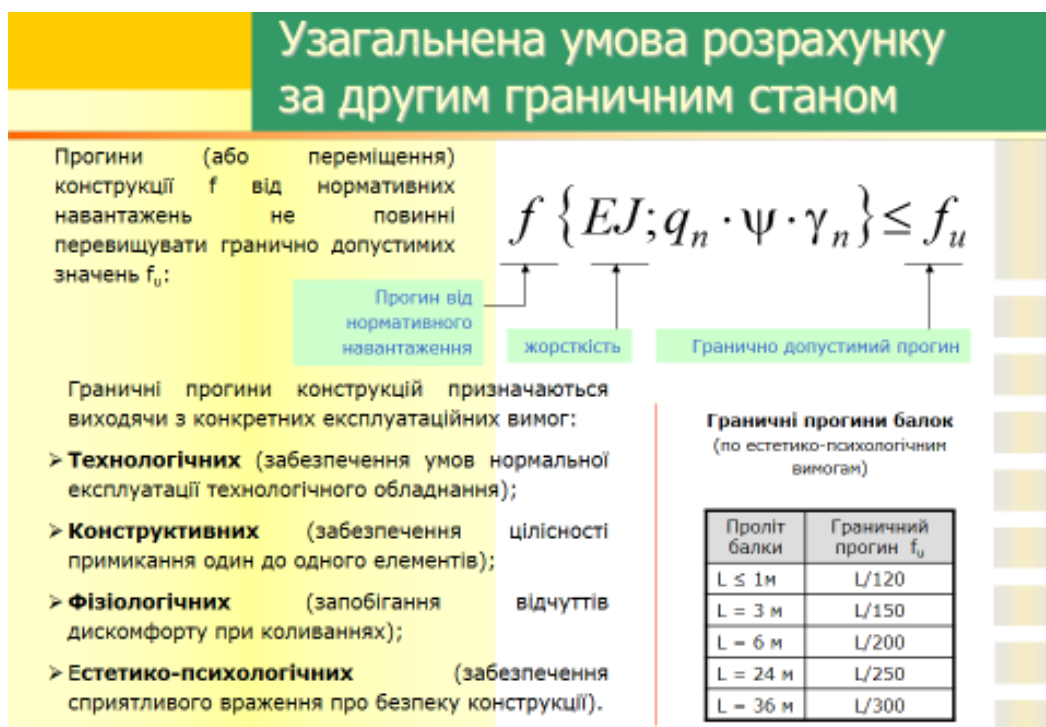


Рисунок 6.10 – Розрахунок за другим граничним станом

Тести та питання для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Конструктивна схема – ...

- A) є спрощеною (умовно ідеалізованою) та з необхідним ступенем точності відображає роботу елемента під дією навантаження;
- B) це схематичне зображення об'єкта;
- C) відображає дійсні розміри елементів та фактичні умови їх закріплення.

2. Залежно від характеру навантажень та мети розрахунку використовують такі види розрахункових значень навантажень:

- A) граничне, експлуатаційне;
- B) циклічне, квазіпостійне;
- C) відповідь А і В.

3. Яке значення використовують при розрахунках на міцність та стійкість?

- A) експлуатаційне;
- B) квазіпостійне;
- C) граничне.

4. Розрахунковий опір матеріалів R – це ...

- A) встановлене нормами граничне значення напруження в матеріалі;
- B) значення, отримане шляхом ділення нормативного опору на відповідний коефіцієнт надійності за матеріалом;
- C) відповідь А і В.

5. Знайдіть відповідність

коефіцієнти надійності за навантаженням	$\gamma_c > 1$
коефіцієнти надійності за матеріалом	$\gamma_f \geq 1$
коефіцієнти надійності за призначенням будівлі	$\gamma_m > 1$
коефіцієнти умов роботи	$\gamma_n = 1$

6. Перерахуйте, які навантаження належать до основних постійних навантажень...

Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Яке значення використовують при розрахунках на жорсткість та тріщиностійкість?

- A) граничне;
- B) експлуатаційне;
- C) циклічне.

2. *Розрахункова схема – ...*

- А) спрощено (умовно ідеалізовано) та з необхідним ступенем точності відображає роботу елемента під дією навантаження;
- В) це схематичне зображення об'єкта;
- С) відображає дійсні розміри елементів та фактичні умови їх закріплення.

3. *Які умови впливають на конструкції при пожежі:*

- А) висока температура, тиск продуктів горіння та газів;
- В) падаючі уламки конструкцій, пролита вода, різні коливання температури;
- С) відповідь А і В.

4. *Граничні стани за експлуатаційною придатністю – це...*

- А) стани, пов'язані з руйнуванням або іншими схожими формами відмови конструкції;
- В) стани, що відповідають умовам, поза межами яких визначені експлуатаційні вимоги для конструкції або елемента конструкції більше не виконуються;
- С) стани, пов'язані з неможливістю утримувати теплоізоляційні властивості.

5. *До якої групи належить граничний стан, який зумовлює непридатність конструкції до нормальної експлуатації чи знижують їх довговічність внаслідок значного деформування:*

- А) першої групи;
- В) другої групи;
- С) третьої групи.

6. *Перерахуйте, які навантаження належать до мінливих довготривалих навантажень...*

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Основні причини виникнення навантаження бувають:*

- Постійними
- Мінливими
- Довготривалими
- Короткочасними

2. *Яке значення використовують при розрахунках на тривалість?*

- А) граничне;
- В) експлуатаційне;
- С) циклічне.

3. *Граничними називаю такі стани будівельних конструкцій...*

- A) втрата несучої здатності;
- B) втрата теплоізоляційної здатності;
- C) при яких вони перестають задовольняти вимогам, поставленим під час зведення та експлуатації.

4. *Одне із епізодичних навантажень називають*

- A) аварійним сполученням;
- B) основним сполученням;
- C) загальним сполученням.

5. *Граничні стани за несучою здатністю – це...*

- A) стани, пов'язані з руйнуванням або іншими схожими формами відмови конструкції;
- B) стани, що відповідають умовам, поза межами яких визначені експлуатаційні вимоги для конструкції або елемента конструкції більше не виконуються;
- C) стани, пов'язані з неможливістю утримувати теплоізоляційні властивості.

6. *Перерахуйте, які навантаження належать до основних мінливих короткочасних навантажень...*

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. *Епізодичні причини виникнення навантаження бувають:*

- Постійними;
- Мінливими;
- Довготривалими;
- Короткочасними.

2. *Яке значення використовують при розрахунках на повзучість?*

- A) граничне;
- B) квазіпостійне;
- C) циклічне.

3. *Сполучення навантаження – це...*

- A) сукупність навантажень, які найбільш несприятливо впливають на конструкції з погляду даного граничного стану;
- B) сукупність навантажень, які найбільш сприятливо впливають на конструкції з погляду даного граничного стану;
- C) сукупність навантажень, які не впливають на конструкції з погляду даного граничного стану.

4. Сукупність постійних та мінливих навантажень називають:

- А) аварійним сполученням;
- В) основним сполученням;
- С) загальним сполученням.

5. До якої групи належить граничний стан, який призводить до вичерпання несучої здатності конструкцій, зумовлює їх непридатність до подальшої експлуатації?

- А) першої групи;
- В) другої групи;
- С) третьої групи.

6. Перерахуйте, які навантаження належать до епізодичних навантажень...

Розділ 7 МЕТАЛЕВІ БАЛКИ

1. Проектування вогнестійкості сталевих конструкцій за EN 1993-1-2.
2. Типи металевих балок та компонування балкових конструкцій.
3. Перевірка несучої здатності прокатних балок.
4. Перевірка жорсткості балок.

7.1. Проектування вогнестійкості сталевих конструкцій за EN 1993-1-2.

Розрахунок вогнестійкості може бути зроблено для окремого елемента конструкції, частини конструкції або всієї конструкції в цілому. Варіанти, наявні в розпорядженні проектувальників, представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 Альтернативні методи перевірки вогнестійкості згідно з EN 1993-1-2

Розрахунок	Методи розрахунку		
	Табличні дані	Спрощені	Уточнені
1	2	3	4
Елемента конструкції Елемент конструкції вважається ізольованим. Непрямі впливи пожежі не враховуються, крім впливів, які викликані тепловими градієнтами	–	Стандартна пожежа і параметрична пожежа. Можна розрахувати температурні профілі для захищених та незахищених елементів конструкції	Національний додаток
Частин конструкції Враховуються непрямі впливи пожежі на підвузлі, але не визначено температурно-часову взаємодію з іншими частинами конструкції	–	–	Те ж
Конструкції в цілому Аналіз всієї конструкції. Враховуються непрямі впливи пожежі по всій конструкції	–	–	Те ж

Ієрархічний порядок, з точки зору складності методів розрахунку, наступний: табличні дані, за якими йдуть методи спрощеного розрахунку і потім уточнені методи обчислень. Для проектувальників табличні дані – це перший крок, який можна застосувати до переважної більшості конструкцій.

Спрощені методи розрахунків можуть застосовуватися для демонстрації експлуатаційних характеристик конструкцій, які перебувають в особливих умовах. Ці методи забезпечують істотну економію ресурсів за певних обставин.

У Єврокодах спрощені методики розрахунків разом з оцінкою відповідного навантаження на граничній пожежний стан засновані на показниках погіршення властивостей матеріалів під впливом підвищеної температури. Потім вогнестійкість обчислюється на основі понижуючих коефіцієнтів, що відповідають розрахунковому тепловому впливу, і порівнюється з навантаженнями, що діють на конструкцію під час пожежі.

Уточнені методи розрахунків (як правило, нелінійні кінцево-елементні моделі) можуть застосовуватися для розрахунку дуже складних конструкцій, коли положення національних нормативних документів незастосовні. Прикладами таких конструкцій можуть служити спортивні стадіони, виставкові зали та будівлі аеропортів.

В уточнених методиках розрахунку, як правило, використовуються складні кінцево-різницеві моделі, яких, в основному, немає у розпорядженні проектувальників.

7.2. Типи металевих балок та компонування балкових конструкцій

Балками називають конструктивні елементи суцільного перетину, що працюють на згин. Завдяки простоті і малій вартості виготовлення, зручній конструктивній формі, невеликій будівельній висоті, балки знаходять широке застосування в будівельних конструкціях. Вони застосовуються в різних перекриттях, на робочих площадках, естакадах, мостах та інших спорудах.

Особливо широко застосовуються суцільні балки для відносно невеликих прольотів при великих навантаженнях. При великих прогонах і малих навантаженнях найбільш раціональне застосування наскрізних балок (ферм), тому що одержана в цьому випадку економія металу є більш істотною, ніж збільшення трудоемкості виготовлення.

Класифікація металевих балок.

За статичною схемою:

- розрізні,
- двохопорні з консолями,
- нерозрізні.

В металевих конструкціях найбільше поширення одержали розрізні вільно обперті (без защемлення) балки. Нерозрізні балки й однопрогонні затиснені балки більш економічні за витратою металу, але значно складніші у виготовленні.

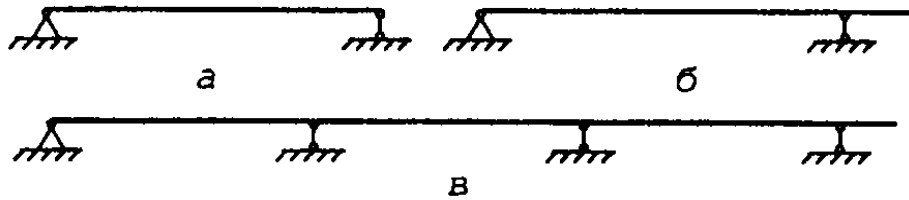


Рисунок 7.1 – Найпоширеніші статичні схеми балок:
a – однопролітна розрізна; *б* – двохопорна з консолями; *в* – багатопролітна нерозрізна

За типом перерізу:

прокатні,
складені.

Алюмінієві конструкції:

пресовані,
складені.

За способом з'єднання між собою елементів складені балки:

зварені (більш економічні і менш трудомісткі при виготовленні);

клепані (витримують великі динамічні і вібраційні навантаження).

Складені балки проектують, як правило, двотаврового перетину, найбільш економічного за витратою металу при роботі на згин і зручного в конструктивному відношенні. Іноді при не центрованому способі навантаження до осі застосовують балки коробчастого перетину (двохстінчаті), що добре працюють на виникаюче кручення. Щодо горизонтальної вісі перетин балки може бути симетричним і несиметричним.

Економічним рішенням для складених балок є компонування їх перетину з елементів з різними марками сталей. Частина стінки балки чи навіть уся стінка, що працює при згині на більшій частині з невеликими напруженнями, виконується з менш міцної і більш дешевої вуглецевої сталі, а поясу – з низьколегованої. Застосовуються і металеві попередньо-напружені балки, у яких в результаті внутрішнього перерозподілу напружень і застосування напружених елементів з високоміцної сталі досягається істотна економія металу.

Компонування балкових конструкцій.

Балки використовують як у вигляді окремих несучих конструкцій (наприклад, підкранові шляхи), так і у вигляді системи перехресних балок (так званих балкових кліток). Поверх балкових кліток влаштовують настил. Система несучих балок, що утворюють конструкцію перекриттів, робочих площадок, проїжджої частини мостів і інших конструкцій, називається **балковою клітиною**.

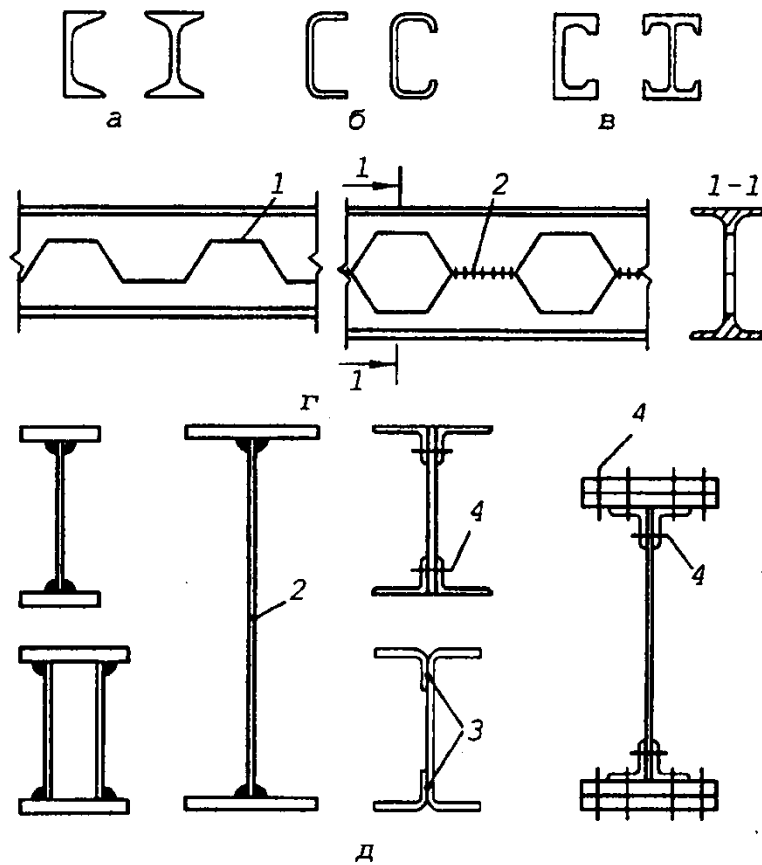


Рисунок 7.2 – Приклади найпоширеніших перерізів балок:
a – прокатних; *б* – гнутих; *в* – пресованих; *г* – з перфорованою стінкою; *д* – складеного перерізу; *1* – лінія розрізу; *2* – стиковий шов; *3* – точкове зварювання; *4* – болти або заклепки

Залежно від розрахункового навантаження і розмірів у плані, балкові клітини можуть бути трьох типів:

- спрощені,
- нормальні
- ускладнені.

Розглянемо найбільш поширені типи балкових кліток.

Спрощений (рис. 7.3, *a*) – складається з балок лише одного напрямку, які найчастіше спираються на несучі стіни. Тут корисне навантаження сприймається настилом, передається на балки і далі на стіни.

Нормальний тип (рис. 7.3, *б*) містить дві системи балок: головні балки та балки настилу, що спираються на головні. Корисне навантаження настилом передається на балки настилу, які, в свою чергу, передають його на головні, а ті – на опори.

Ускладнений тип (рис. 7.3, *в*) крім головних балок і балок настилу містить ще й допоміжні. Ланцюжок передачі навантаження такий: настил – балки настилу – допоміжні балки – головні балки – конструкції опор (наприклад, колони).

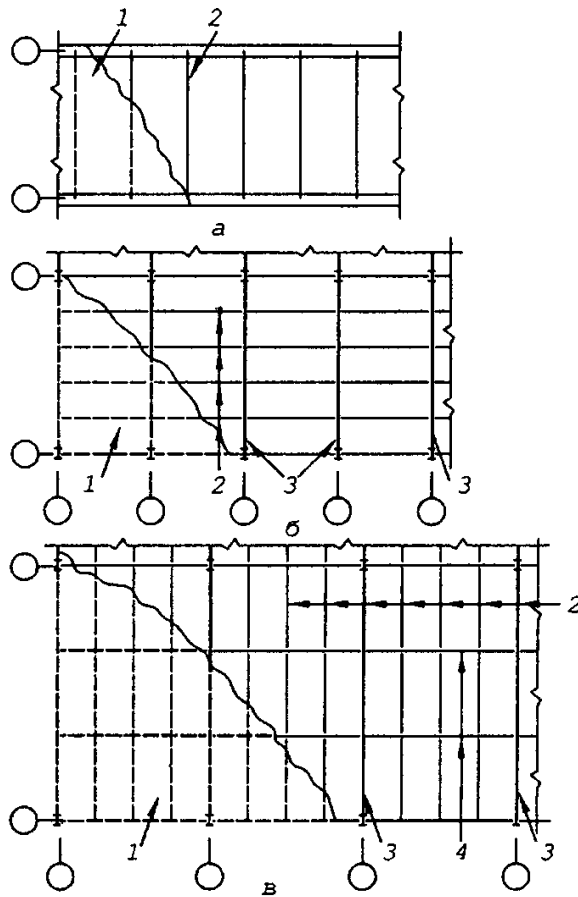


Рисунок 7.3 – Типи балкових кліток: *а* – спрощений; *б* – нормальний; *в* – ускладнений; *1* – настил; *2* – балки настилу; *3* – головні балки; *4* – допоміжні балки

Найпоширенішим і найдешевшим є спрощений тип балкової клітки. Його застосування доцільне при малих прольотах, коли балки можуть бути виконані з прокатних, гнутих чи пресованих профілів. Крок балок зумовлений конструктивним рішенням настилу.

Широко використовують і нормальний тип балкових кліток. Головні балки, як правило, мають складені перерізи, а балки настилу виготовляють з прокатних, гнутих чи пресованих профілів. Крок головних балок – 3...6 м, а балок настилу залежить від матеріалу настилу – 0,6...1,6 м при металевому і 2,0...3,5 м – при залізобетонному.

Ускладнений тип застосовують порівняно рідко, лише при розрідженій сітці колон і значних навантаженнях. Це найбільш конструктивно складний і трудомісткий тип балкової клітки.

Розмір нижнього поясу головної балки до верху настилу називається **будівельною висотою** балкової клітини. Як настил балкових клітин застосовують сталеві чи збірні залізобетонні плити.

Можливі два типи з'єднань балок у

системі балкової клітки:

спирання зверху (поверхове розміщення балок) – другорядні балки встановлюють на верхній пояс головних. З'єднання найбільш зручне як під час виготовлення конструкцій, так і їх монтажу, але потребує великої конструктивної висоти перекриття (рис. 7.4, *а*);

приєднання збоку — другорядні балки приєднують до основних збоку через ребра жорсткості чи опорні столики (рис. 7.4, *б, в, г*). Застосовується при обмеженій висоті перекриття.

7.3. Перевірка несучої здатності прокатних балок

Вихідними даними для підбору перерізу прокатних балок є: геометричні параметри – це схема розташування балок, їх проліт, крок; силові параметри – інтенсивність навантаження.

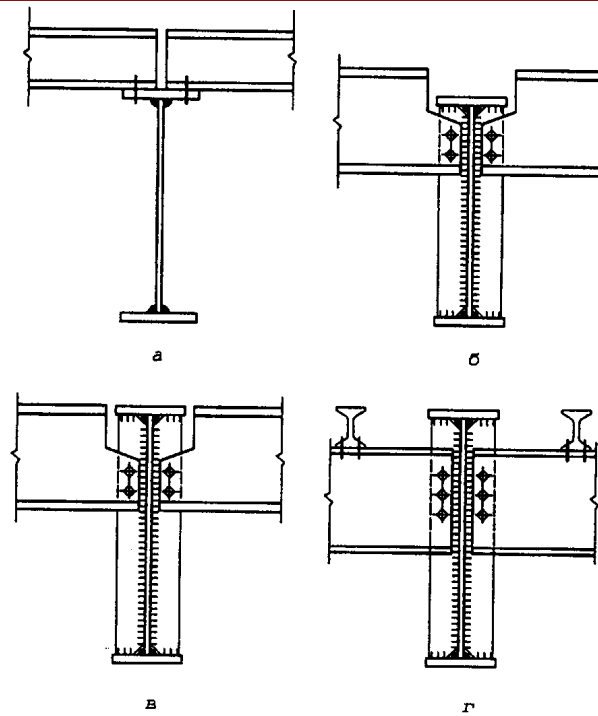


Рисунок 7.4 –Типи з'єднань балок: опирання зверху (а), збоку: підвищене (б), на одному рівні (в), знижене (г)

Попередньо номер прокатного профілю визначають виходячи з необхідного моменту балки, що забезпечує її міцність при згині.

Як відомо, напруження при згині в пружній стадії розподіляються в перетині за лінійним законом. Напруження в крайніх волокнах для симетричного перетину визначаються за формулою:

$$\sigma = \pm \frac{M}{W}, \quad (7.1)$$

де M – згинальний момент;

W – момент опору перетину.

Підставивши у формулу (5.1) замість σ значення розрахункового опору сталі R , можна визначити необхідний момент опору балки:

$$W_{\min} = \frac{M_{\max}}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (7.2)$$

Далі за сортаментом визначають номер профілю, що має момент опору, більший чи рівний W_{\min} і перевіряють міцність, загальну стійкість і жорсткість.

Перевірка міцності.

Нормальні напруження від розрахункового згинаючого моменту не повинні перевищувати розрахунковий опір сталі:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W \cdot \gamma_c} \leq R, \quad (7.3)$$

Ця перевірка автоматично задовольняється, якщо фактичний момент опору не менший за необхідний.

Дотичні напруження від розрахункової поперечної сили Q_{\max} не повинні перевищувати розрахункового опору сталі зрізу:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S}{I \cdot t_w} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (7.4)$$

де S та I – відповідно статичний момент половини перерізу та момент інерції всього перерізу відносно центральної осі, перпендикулярної до площини згину; t_w – товщина стінки на рівні центра ваги перерізу. Коли умова міцності (7.4) не задовольняється, необхідно збільшити номер профілю і повторити перевірку.

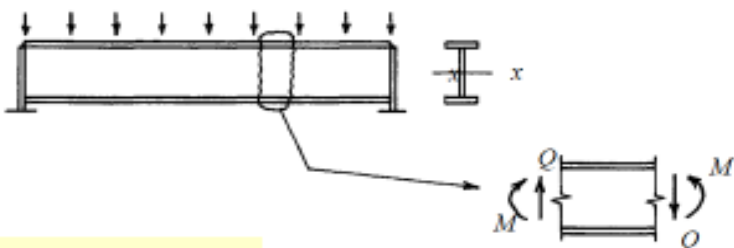
У прокатних балках, оскільки вони мають товсту стінку, як правило, можна не перевіряти дотичні напруження. Дотичні напруження можуть виявитися вирішальними в балках малих прольотів, що несуть велике навантаження.

Перевірка загальної стійкості. Якщо верхній стиснутий пояс балки недостатньо розкріплений від бічних переміщень, то можливе явище втрати загальної стійкості балки. Загальну стійкість балки перевіряють за формулою:

$$\sigma = \frac{M_{\text{МАКС}}}{\varphi_\delta \cdot W} \leq R. \quad (7.5)$$

У випадку передачі розподіленого статичного навантаження через суцільний твердий настил, що спирається на стиснутий пояс балки і надійно з ним зв'язаний (залізобетонні плити, плоскі сталеві аркуші тощо), перевіряти загальну стійкість не треба.

Якщо не задовольняється перевірка загальної стійкості балок, то варто прагнути до розв'язки верхнього поясу балки якими-небудь зв'язками, тому що збільшення перетину балки для підвищення стійкості неекономічне і приводить до великої витрати металу.



Умова міцності:

- ▶ по нормальним напруженням:
$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq R_y \gamma_c;$$
- ▶ по дотичним напруженням:
$$\tau = \frac{Q S_x}{t_w J_x} \leq R_s \gamma_c;$$
- ▶ по приведеним напруженням:
$$\sigma_{\text{ред}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c;$$

(reduced = приведеный)

M – розрахунковий згинаючий момент, кН·м;
 W_x – момент опору перерізу, см³;
 τ – дотичні напруження; кН/см²;
 Q – розрахункове поперечне зусилля, кН;
 S_x – статичний момент половини перерізу, см³;
 J_x – момент інерції перерізу, см⁴;
 t_w – товщина стінки, см;
 R_s – розрахунковий опір сталі зрізу, кН/см²;
 $R_s = 0,58 R_y$;
 1,15 – коефіцієнт, який враховує розвиток пластичних деформацій.

Рисунок 7.5 – Розрахунок балок на міцність при плоскому згині

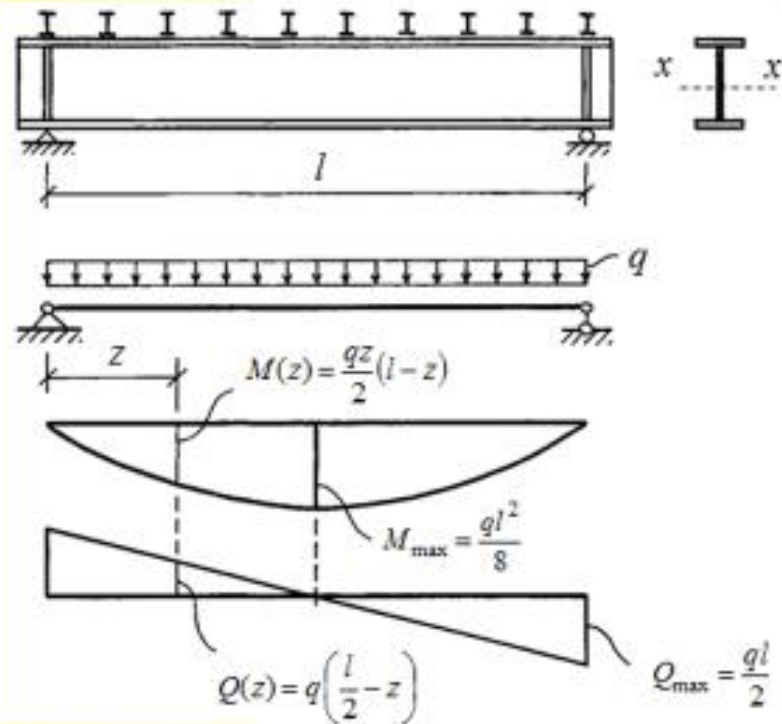


Рисунок 7.6 – Внутрішні зусилля в балці при плоскому згині

7.4. Перевірка жорсткості балок

Для перевірки жорсткості необхідно обчислити прогин балки і порівняти його з граничним значенням f_u :

$$f \leq f_u. \quad (7.6)$$

Якщо всі перевірки задовольняються, переріз вибрано правильно. Якщо ж ні, треба збільшити номер профілю і повторити розрахунок.

Відносний прогин балки f/L під навантаженням не повинен перевищувати нормативного, котрий залежить від призначення балки. Значення прогину визначається за правилами будівельної механіки від нормативних навантажень (без обліку коефіцієнтів перенавантаження). З достатнім для практичних розрахунків ступенем відносний прогин розрізної балки від будь-яких навантажень може бути визначений за формулою:

$$\frac{f}{L} = \frac{M_H \cdot L}{10 \cdot E \cdot J} \leq \left[\frac{f}{L} \right], \quad (7.7)$$

де M_H – найбільший нормативний згинальний момент. Якщо підібраний перетин балки задовольняє вимогам міцності, але не задовольняє вимогам твердості, то варто прийняти більший номер балки за сортаментом (збільшити момент інерції перетину). У цьому випадку балка буде працювати з недонапруженням.

Місцеву стійкість поясів і стінки в прокатних балках не перевіряють, тому що їхні розміри призначені з урахуванням стійкої роботи при різних напружених станах.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

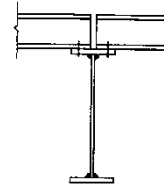
Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Балки – це...

- А) елементи, які слугують для огороження приміщень від зовнішнього середовища (зовнішні) та для розділу об'єму будівлі на окремі приміщення (внутрішні);
- В) несучі вертикальні стержньові елементи, які передають навантаження від перекриттів та інших елементів будівлі на фундамент;
- С) конструктивні елементи суцільного перетину, що працюють на згин.

2. Який тип з'єднань представлений на рисунку:

- А) обпирання зверху;
- В) обпирання збоку підвищене;
- С) обпирання збоку на одному рівні.

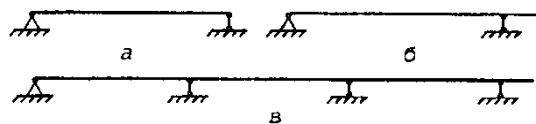


3. Спрощений тип – складається...

- А) з двох систем балок: головні балки та балки настилу, що спираються на головні. Корисне навантаження настилом передається на балки настилу, які, в свою чергу, передають його на головні, а ті – на опори;
- В) з балок лише одного напрямку, які найчастіше спираються на несучі стіни. Тут корисне навантаження сприймається настилом, передається на балки і далі на стіни;
- С) крім головних балок і балок настилу містить ще й допоміжні. Ланцюжок передачі навантаження такий: настил – балки настилу – допоміжні балки – головні балки – конструкції опор (наприклад, колони).

4. На рисунку зображені найпоширеніші статичні схеми балок. Розшифруйте літерні покажчики.

- а) _____
- б) _____
- в) _____



5. Задача. Для вільно обпертої балки підбрати переріз двотавра з умови міцності і жорсткості $R = 225$ МПа, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $[f] = 3$ см, $L = 6,3$ м, $q^H = 10750$ Н/м, $\gamma_f = 1.3$.

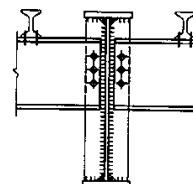
Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. За статичною схемою металеві балки поділяють:

- А) розрізні, нерозрізні;
- В) двохопорні з консолями,
- С) відповідь А і В.

2. Який представлений тип з'єднань на рисунку:

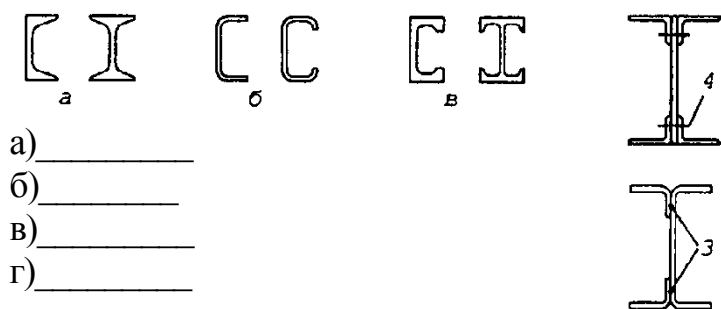


- А) обпирання зверху;
- В) обпирання збоку підвищене;
- С) обпирання збоку знижене.

3. Ускладнений тип – складається...

- А) з двох систем балок: головні балки та балки настилу, що спираються на головні. Корисне навантаження настилом передається на балки настилу, які, в свою чергу, передають його на головні, а ті – на опори;
- В) з балок лише одного напрямку, які найчастіше спираються на несучі стіни. Тут корисне навантаження сприймається настилом, передається на балки і далі на стіни
- С) крім головних балок і балок настилу містить ще й допоміжні. Ланцюжок передачі навантаження такий: настил – балки настилу – допоміжні балки – головні балки – конструкції опор (наприклад, колони).

4. На рисунку зображені приклади найпоширеніших перерізів балок. Розшифруйте літерні покажчики.



- а) _____
- б) _____
- в) _____
- г) _____

5. Задача. Для вільно обпертої балки підбрати переріз двотавра з умови міцності і жорсткості $R = 230$ МПа, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $[f] = 3$ см, $L = 6,4$ м, $q^H = 11000$ Н/м, $\gamma_f = 1.3$.

Варіант 3

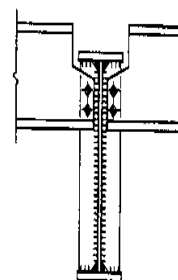
Оберіть правильний варіант відповіді:

1. За типом перерізу металеві балки поділяються:

- А) прокатні, складені;
- В) пресовані, складені.
- С) відповідь А і В.

2. Який тип з'єднань представлений на рисунку:

- А) обпирання зверху;
- В) обпирання збоку підвищене;
- С) обпирання збоку знижене.

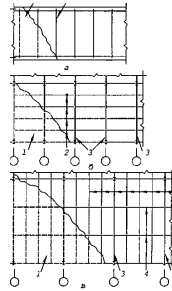


3. Нормальний тип – складається з ...

- А) з двох систем балок: головні балки та балки настилу, що спираються на головні. Корисне навантаження настилом передається на балки настилу, які, в свою чергу, передають його на головні, а ті – на опори;
- В) з балок лише одного напрямку, які найчастіше спираються на несучі стіни. Тут корисне навантаження сприймається настилом, передається на балки і далі на стіни
- С) крім головних балок і балок настилу містить ще й допоміжні. Ланцюжок передачі навантаження такий: настил – балки настилу – допоміжні балки – головні балки – конструкції опор (наприклад, колони).

4. На рисунку зображені типи балкових кліток. Розшифруйте літерні покажчики.

- а) _____
 б) _____
 в) _____



5. Задача. Для вільно обпертої балки підбрати переріз двотавра з умови міцності і жорсткості $R = 250 \text{ МПа}$, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $[f] = 3 \text{ см}$, $L = 6,4 \text{ м}$, $q^H = 15000 \text{ Н/м}$, $\gamma_f = 1.3$.

Варіант 4

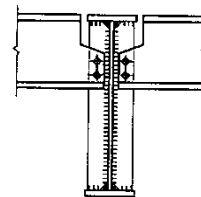
Оберіть правильний варіант відповіді:

1. За способом з'єднання між собою елементів складені балки поділяються:

- А) зварені;
 В) клепані;
 С) відповідь А і В.

2. Який тип з'єднань представлений на рисунку:

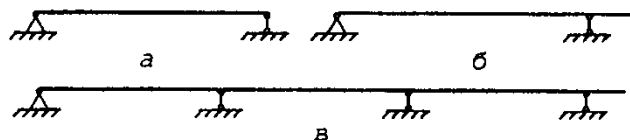
- А) обпирання збоку на одному рівні;
 В) обпирання збоку підвищене;
 С) обпирання збоку знижене.



3. Вкажіть, де використовується спрощений тип балкових кліток?

4. На рисунку зображені найпоширеніші статичні схеми балок. Розшифруйте літерні покажчики.

- а) _____
 б) _____
 в) _____



5. Задача. Для вільно обпертої балки підбрати переріз двотавра з умови міцності і жорсткості $R = 225 \text{ МПа}$, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $[f] = 3 \text{ см}$, $L = 7,4 \text{ м}$, $q^H = 8000 \text{ Н/м}$, $\gamma_f = 1.3$.

Розділ 8 МЕТАЛЕВІ КОЛОНИ

1. Типи металевих колон. Центральні-стиснені колони.
2. Наскрізнi колони.
3. Особливості роботи балок і колон в умовах пожежі.

8.1. Типи металевих колон. Центральні-стиснені колони.

Колони, як і балки, – найбільш поширені конструкції. Вони призначені для підтримування елементів робочих майданчиків, перекриттів, покрівель, трубопроводів, естакад, шляхопроводів тощо. Навантаженням для колон є опорні реакції конструкцій, що на них спираються. Далі ці зусилля найчастіше передаються на фундаменти або, в окремих випадках, на нижче розміщені конструкції.

Колони - вертикально розташовані стержньові елементи, по яких навантаження від вище розташованих конструкцій передається на фундаменти.

Колона складається з трьох елементів:

оголовка – конструктивного елемента, на який безпосередньо передаються опорні реакції конструкцій, що спираються на колону;

бази – елемента, який передає зусилля колони на бетон фундаменту;

стержня – основного конструктивного елемента, який передає навантаження з оголовка на базу.

Якщо колона працює на сприйняття навантаження від однієї сили, прикладеної до центра ваги перерізу, то вона називається **центрально-стиснутою**.

Якщо поздовжня сила не збігається з центром ваги перерізу або до стержня прикладені які-небудь поперечні навантаження, то крім стиску виникає вигин, і колона називається **позацентрово-стиснутою**.

Стержні колон бувають:

постійного;

перемінного;

східчастого перерізу за висотою.

Переріз стержня колони може бути:

суцільним;

наскрізним (решітчастим), що складається з окремих гілок, з'єднаних розкосами або планками.

Суцільні і наскрізні колони зі стержнями постійного перетину найбільш поширені при центральному стиску. Суцільні колони застосовують при великих навантаженнях і невеликих висотах, наскрізні навпаки – при менших навантаженнях і великих висотах.

Матеріалом металевих колон найчастіше є сталь. У минулому були поширені чавунні колони. Але маса таких колон велика. Окрім цього,

з'єднання чавунних колон з іншими конструкціями складне. Алюмінієві сплави застосовують рідко через високу вартість матеріалу і низьку загальну та місцеву стійкість. За конструкцією колони можуть бути суцільного перерізу та наскрізні.

Типи перерізів, що широко застосовуються для суцільних колон, показані на рисунку 8.1, б). Найбільш проста колона виходить з одного прокатного двотавра; однак унаслідок відносно невеликої бічної жорсткості така колона раціональна в тих випадках, коли в площині меншої жорсткості є додаткові розкріплення (зв'язки). Найбільш поширені складені двотаврові перерізи, вони жорсткі в обох напрямках і досить прості у виготовленні.

За витратою металу найбільш економічні колони трубчастого перетину.

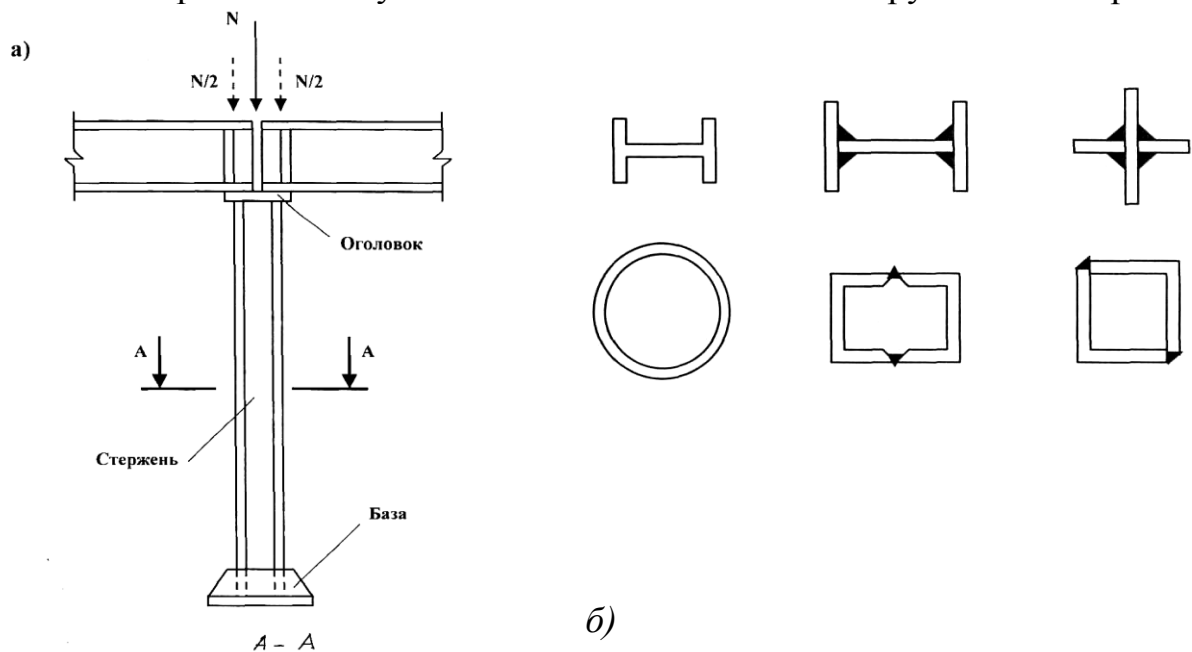


Рисунок 8.1 – Суцільні колони : а) – загальний вигляд; б) – типи перерізів

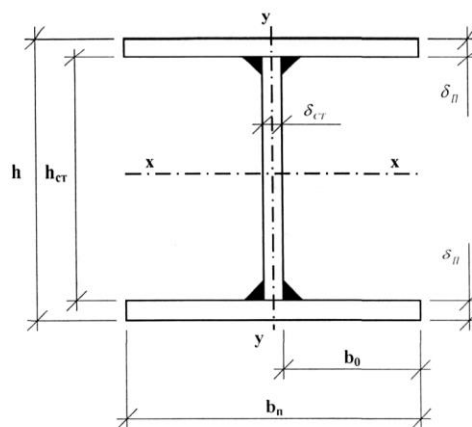
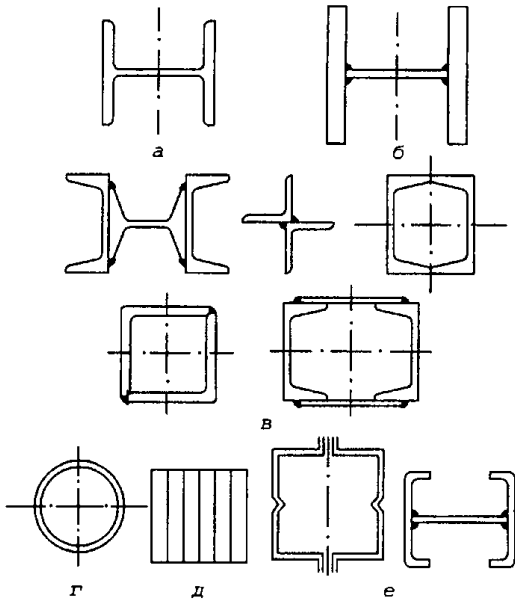


Рисунок 8.2 – Переріз суцільної колони двотаврового профілю $x - x$, $y - y$ – осі симетрії перерізу; h – висота перерізу; h_{CT} – висота стінки; b_n – ширина пояса; b_o – довжина звису пояса; δ_n – товщина пояса; δ_{CT} – товщина стінки.

Звичайні двотаври невідгідні, тому що мала ширина перерізу спричинює їх низьку стійкість у площині, паралельній полицкам.

При великих навантаженнях (5000 кН і більше) доцільні складені суцільні перерізи. Найпростіші й економічніші зварні двотаври (рис. 8.3, б), які виготовляють на потокових високомеханізованих та автоматизованих лініях.

Менш економічно вигідними за витратами металу, але простішими у виготовленні (особливо в умовах будівельного майданчика), є колони з прокатних профілів (рис. 8.3, в).



Але через обмеженість сортаменту вони мають відносно невелику несучу здатність. З прокатних профілів можуть компонуватися як відкриті, так і замкнені перерізи. Колони замкненого перерізу мають кращий зовнішній вигляд і близьку чи рівну загальну стійкість у всіх напрямках. Але їхні внутрішні поверхні недоступні для огляду і захисту від корозії. Тому при підвищеній агресивності зовнішнього середовища внутрішній об'єм таких колон треба герметизувати, що найпростіше виконати у колонах з труб (рис. 8.3, з), але приєднання до них інших

Рисунок 8.3 – Поширені типи перерізів суцільних колон

конструкцій є складним.

При великих навантаженнях і малих розрахункових довжинах і розмірах перерізу (наприклад, колони багатопверхових висотних будівель) застосовують суцільні прямокутні перерізи, набрані з окремих листів, зварених між собою (рис. 8.3, д). Легкі колони під невеликі навантаження можуть бути виконані з гнутих профілів (рис. 8.3, е).

Добираючи суцільний переріз колони, завантаженої осьовою силою N , у першу чергу визначають потрібну площу:

$$A = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} \quad (8.1)$$

Для знаходження коефіцієнта поздовжнього згину φ попередньо задаються гнучкістю λ . Як свідчить досвід проектування, у першому наближенні доцільно приймати $\lambda = 50 \dots 100$ (що більше навантаження, то меншу гнучкість обирають). Крім площі, обчислюють також потрібні радіуси інерції перерізу:

$$i_x = \frac{l_{ef,x}}{\lambda}; \quad i_y = \frac{l_{ef,y}}{\lambda}, \quad (8.2)$$

де $l_{ef,x}, l_{ef,y}$ – розрахункові довжини колони у площинах, перпендикулярних до осей x і y .

Значення l_{ef} обчислюють за формулами:

$$l_{ef,x} = \mu_x \cdot l_x; l_{ef,y} = \mu_y \cdot l_y, \quad (8.3)$$

де $l_{ef,x}, l_{ef,y}$ – геометричні довжини колони або її ділянок між точками закріплення конструкціями перекриттів, покрівлі або між зв'язками у відповідних площинах; μ_x, μ_y – коефіцієнти зведення довжини, які приймають залежно від способу закріплення колони у відповідних площинах. Найчастіше колону приймають защемленою у фундаменті та шарнірно з'єднаною з конструкціями перекриття. При шарнірному кріпленні обох кінців передбачають зв'язки, які забезпечували б незмінність положення колони.

Знаючи потрібні значення площі та радіусів інерції перерізу, за сортаментом знаходять номер прокатного широкополічкового двотавра чи іншого профілю. Коли ж наявні у сортаменті профілі недостатні, переходять до складених перерізів. При цьому додатково обчислюють найменші значення генеральних розмірів перерізу:

$$h = \frac{i_x}{\alpha_1}; \quad b = \frac{i_y}{\alpha_2}, \quad (8.4)$$

де коефіцієнти α_1 і α_2 відображають залежність між радіусами інерції та відповідними йому генеральними розмірами перерізу.

Значення коефіцієнтів α_1 і α_2 кожного з видів перерізу змінюються у відносно вузьких межах. Так, для найпоширенішого двотаврового перерізу можна приймати $\alpha_1 = 0,43$, $\alpha_2 = 0,24$; для труб $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,35$. Для інших профілів ці коефіцієнти приймають згідно з довідковою літературою. За отриманими величинами A , b і h komponують переріз. Для складеного двотаврового та подібних до нього перерізів з міркувань забезпечення технологічності з'єднань приймають $h = b$ за більшою з величин. Розміри окремих елементів перерізу b_{ef}, t_f, h_w, t_w остаточно приймають згідно з сортаментом такими, щоб забезпечити вимоги щодо місцевої стійкості. При $\bar{\lambda} = (0,8..4)$ для полочки:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (8.5)$$

для стінки:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq (0,36 + 0,8\bar{\lambda}) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (8.6)$$

але:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 2,9 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (8.7)$$

де $\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}$ – зведена гнучкість.

При інших значеннях $\bar{\lambda}$ див. нормативні документи (СНиП П-23-81*). Компонуючи переріз, доцільно основну масу металу зосереджувати у полочках. Це поліпшує загальну стійкість колони.

Запроектувавши переріз, перевіряють його з урахуванням фактичних геометричних характеристик A, i_x, i_y та гнучкостей λ_x, λ_y .

Перевірка загальної стійкості описується формулою:

$$\frac{N}{A} \leq \varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c, \quad (8.8)$$

де φ менше зі значень φ_x чи φ_y , отриманих відповідно за λ_x чи λ_y .

За наявності у перерізі значних ослаблень перевіряють також міцність колони:

$$\frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c. \quad (8.9)$$

Коли ж умови не задовольняються, переріз збільшують. Доцільно збільшувати генеральні розміри перерізу. Порівняно з нарощуванням товщини полицок і стінки при незмінних основних розмірах це сприяє економії металу.

Значні запаси стійкості та міцності свідчать про перевитрати металу і потребу зменшити переріз. Будь-яка зміна перерізу повинна завершуватися перевіркою його міцності та стійкості.

8.2. Наскрізнi колони

Стержень наскрізної колони складається з окремих гілок, з'єднаних між собою за допомогою планок чи решіток (рис. 8.4). Використовують такі колони при відносно невеликих навантаженнях (до 5000...6000 кН) і значній висоті, коли вимоги до жорсткості високі. Порівняно з суцільними вони вимагають більших витрат праці на виготовлення.

Прозір між вітками приймають, виходячи з умови стійкості, але не меншим за 100...150 мм, щоб забезпечити вільний доступ до внутрішніх поверхонь для їхнього очищення і нанесення антикорозійних захисних покриттів.

Спільна робота окремих гілок перерізу забезпечується решітками чи планками. Схему ґраток найчастіше приймають трикутною чи трикутною з проміжними стояками. Широко використовують і безрозкісне рішення у вигляді планок. З'єднання з допомогою решіток має більшу жорсткість, але трудомісткіше у виконанні. Безрозкісне з'єднання планками простіше у виготовленні і естетичніше. Воно найчастіше використовується у відносно невеликих колонах із зусиллями до 2000...3000 кН і незначною висотою. Розкісні решітки стають вигіднішими при великих відстанях між вітками колони $b \geq 800...1000$ мм (див. рис. 5), коли планки дуже громіздкі.

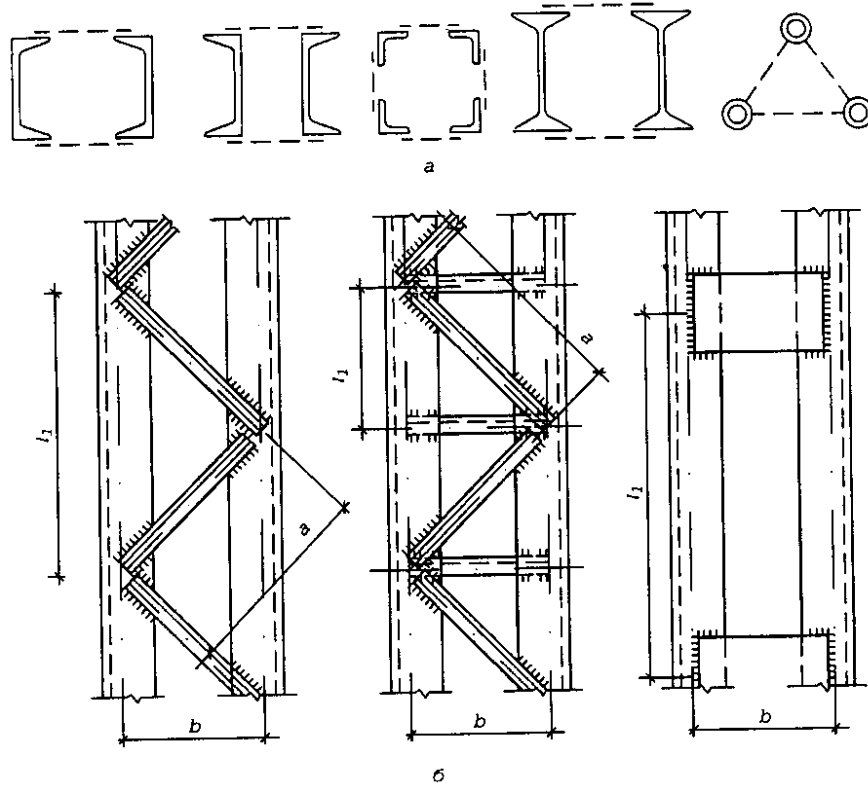


Рисунок 8.4 – Найпоширеніші види стержнів наскрізних колон:
a – поперечні перерізи; *б* – види збоку

Для підвищення жорсткості колон на скручування від випадкових дій і впливів при виготовленні та під час монтажу і збереження незмінності контуру у наскрізних колонах передбачають діафрагми через 3...4 м по висоті.

Відносно матеріальної осі $x-x$ переріз розглядають як суцільний. На гнучкість стержня перпендикулярно до вільної осі $y-y$ значно впливає деформативність з'єднувальних елементів – планок чи решіток. Добір перерізу наскрізної колони починають з умови забезпечення стійкості відносно матеріальної осі. Виконують його аналогічно до суцільних перерізів.

Стержень наскрізної центрально-стиснутої колони звичайно складається з двох частин (швелерів або двотаврів), зв'язаних між собою решітками.

Вісь, що перетинає гілки, називається **матеріальною**; вісь, паралельна до гілок, називається **вільною**.

Відстань між гілками встановлюється з умови рівності стійкості стержня.

Швелери в зварених колонах вигідніше ставити полками усередину, тому що в цьому випадку решітки виходять меншої ширини і краще використовують габарит колони. Більш масивні колони можуть мати гілки з прокатних або зварених двотаврів.

У наскрізних колонах із двома гілками необхідно забезпечувати зазор між полками гілок (100–150 мм) для можливості фарбування внутрішніх поверхонь.

Стержні більшої довжини, що сприймають невеликі навантаження, повинні мати для забезпечення необхідної жорсткості розвинутий переріз, тому

їх раціонально проектувати з чотирьох куточків, з'єднаних решітками в чотирьох площинах. Такі стержні при невеликій площі перерізу мають значну жорсткість, однак трудомісткість їхнього виготовлення більше трудомісткості виготовлення двох гілкових стержнів.

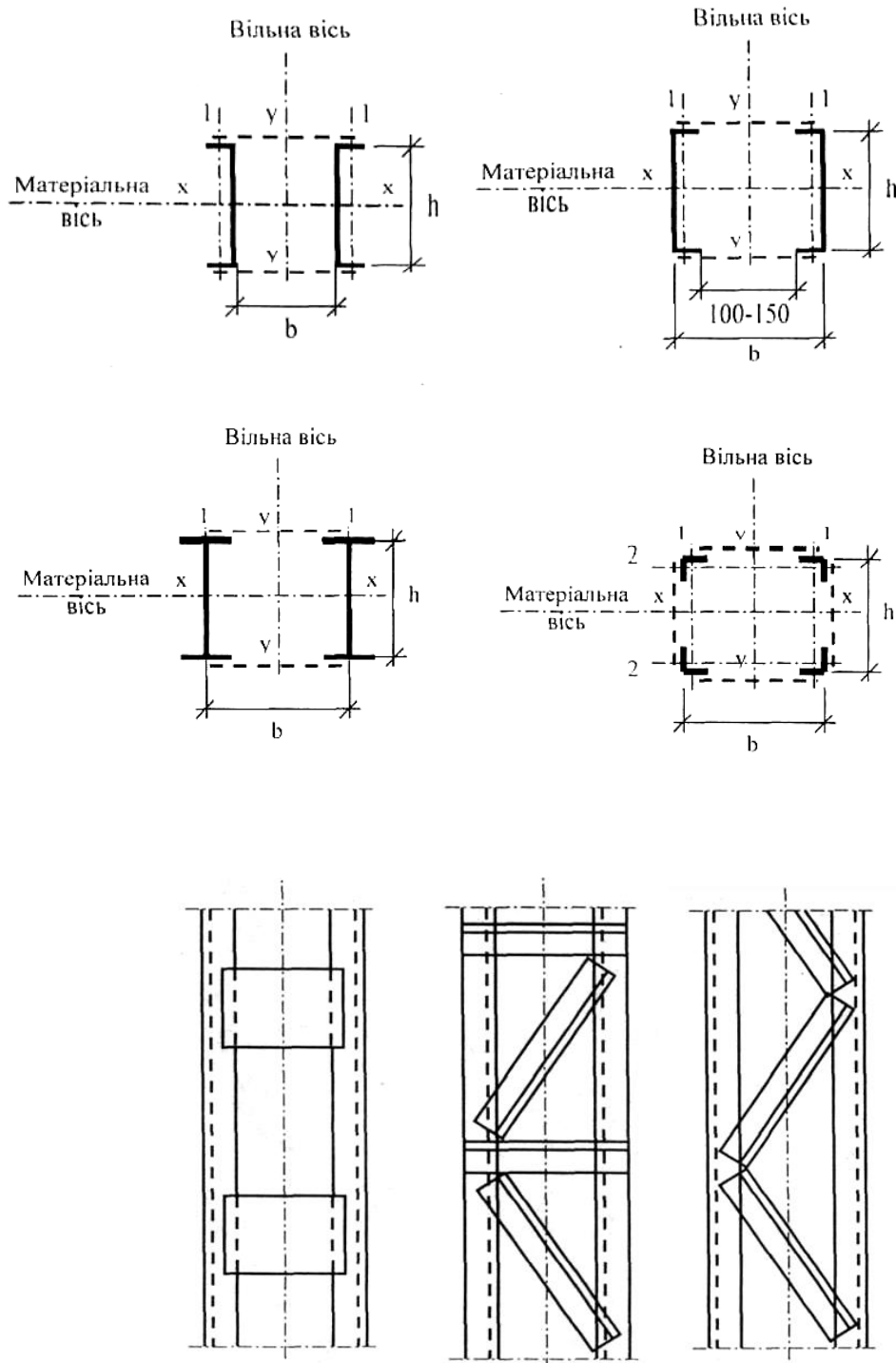


Рисунок 8.5 – Типи решіток наскрізних стержнів: *а)* – розкісна; *б)* – з розкосів і розпірок; *в)* – безрозкісного типу у вигляді планок

Решітки забезпечують спільну роботу гілок стержня колони й істотно впливають на стійкість колони в цілому і її гілок. Застосовуються решітки різноманітних систем:

з розкосів (рисунок 8.5, а);

з розкосів і розпірок (рисунок 8.5, б);

безрозкісного типу у вигляді планок (рисунок 8.5, в).

У колонах, навантажених центральною силою, можливий вигин від випадкових ексцентриситетів. Від вигину виникають поперечні сили, які сприймають решітки, що перешкоджають зрушенням гілок колони відносно її поздовжньої сили.

Планки (рисунок 8.5, в) створюють у площині грані колони безрозкосну систему з твердими вузлами й елементами, що працюють на вигин, унаслідок чого безрозкосні решітки виявляються менш твердими. Якщо відстань між гілками значна (0,8–1 м і більш), то елементи безрозкосної решітки виходять важкими; у цьому випадку варто віддавати перевагу розкосним решіткам.

Безрозкосна решітка добре виглядає і є більш простою, її часто застосовують у колонах і стійках порівняно невеликої потужності (з розрахунковим навантаженням до 2000-2500 кН).

Щоб зберегти незмінюваність контуру поперечного перерізу наскрізної колони, гілки колон з'єднують поперечними діафрагмами, що ставлять через 3-4 м по висоті колони.

8.3. Особливості роботи балок та колон в умовах пожежі

Метал відрізняється високою міцністю і теплопровідністю. Його міцність до десяти разів перевищує міцність бетону на стиск і більше ніж у 100 разів перевищує міцність бетону на розтяг, а теплопровідність сталі приблизно в 50 разів перевищує теплопровідність важкого бетону. Ці властивості металу обумовлюють те, що площа і розміри перетинів металевих конструкцій значно менше, ніж залізобетонних і інших кам'яних конструкцій. Для порівняння – площа сталевого двотавра №50 дорівнює 97,8 см², а площа залізобетонної колони під рівне навантаження, за інших рівних умов складе приблизно 40х40 см.

Якщо прийняти, що критичні температури бетону і металу однакові, то при пожежі металева конструкція прогріється до цієї температури протягом декількох хвилин, у той час як у залізобетонній конструкції за цей час до цієї ж температури перетин прогріється менше ніж на 4 мм.

Якщо в першому випадку за 10-12 хвилин металева конструкція буде зруйнована, то в другому випадку вийде з ладу 3-4 мм поверхневого шару залізобетонної колони, що не може створити істотного впливу на зміну її несучої здатності при пожежі.

У той же час межа вогнестійкості сталевих конструкцій не є величиною однозначною. Вона залежить від приведеної товщини конструкції, температурного режиму на пожежі, умов обігріву, навантаження, способів обпирання і з'єднання конструкцій і товщини захисного шару металу (облицювань, штукатурки й інших засобів вогнезахисту).

Металеві конструкції в умовах пожежі через значну теплопровідність і малу теплоємність швидко прогриваються до критичних температур, що викликає їхнє обвалення. Найчастіше обвалення сталевих конструкцій не обмежується місцем виникнення пожежі, а в силу існуючих зв'язків між фермами, прогонами і балками поширюється на значні площі, збільшуючи наслідки пожежі. Особливо несприятливі умови роботи для металевих конструкцій при пожежі створюються тоді, коли вони знаходяться в сполученні з горючими матеріалами.

Традиційним способом вогнезахисту сталевих конструкцій є їхнє обшивання негорючими матеріалами: цеглою, теплоізоляційними плитами і штукатуркою.

Межа вогнестійкості сталевих захищених конструкцій залежить від виду і товщини захисного шару і складає 45–270 хв.

Ефективним способом збільшення вогнестійкості металевих конструкцій є охолодження їх водою, що може подаватися як безпосередньо на поверхню конструкції від спринклерних чи дренчерних систем, так і усередину неї. В другому випадку конструкція, що захищається, виготовляється пустотілою і герметичною зі стійких до корозії сталей, або до води додають антикорозійні добавки.

Для збільшення вогнестійкості несучих металевих конструкцій покриття і перекриттів застосовують підвісні стелі з негорючих матеріалів. Границя вогнестійкості захищеного в такий спосіб покриття чи перекриття залежить від виду і товщини підвісної стелі, а в деяких випадках може досягати 120 хв.

ВИСНОВОК: металеві конструкції в умовах пожежі через значну теплопровідність і малу теплоємність швидко прогриваються до критичних температур, що викликає їхнє обвалення. Найчастіше обвалення сталевих конструкцій не обмежується місцем виникнення пожежі, а в силу існуючих зв'язків між фермами, прогонами і балками поширюється на значні площі, збільшуючи наслідки пожежі. Особливо несприятливі умови роботи для металевих конструкцій при пожежі створюються тоді, коли вони знаходяться в сполученні з горючими матеріалами.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

Оберіть правильний варіант відповіді:

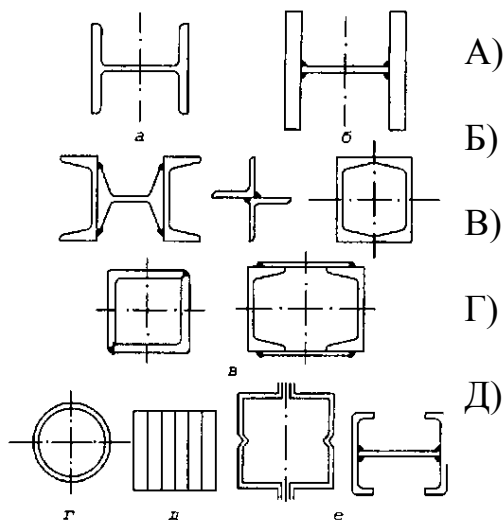
1. Вертикально розташовані стержньові елементи, по яких навантаження від вище розташованих конструкцій передається на фундаменти – це...

- А) стіни;
- В) перегородки;
- С) колони.

2. Якщо колона працює на сприйняття навантаження від однієї сили, прикладеної до центра ваги перерізу, то вона називається...

- А) центрально-стиснутою;
- В) позацентрово-стиснутою;
- С) відповідь А і В.

3. Дайте назви перетинів



4. Дайте повну назву Єврокоду EN 1991...

- А) башти, щогли і димові труби - Башти і щогли;
- В) дії на конструкції;
- С) проектування конструкцій з елементами, що напружуються.

5. **Задача.** Потрібно підібрати переріз стиснутого верхнього пояса ферми із двох кутків. Розрахункове зусилля $N = 620$ кН. Розрахункові довжини стержнів у площині ферми – $l_x = 3$ м, поза площиною ферми $l_y = 6$ м. Матеріал – сталь С245, $R_y = 24$ кН/см², $\gamma_c = 0,95$ (стиснуті елементи стержньових конструкцій покриттів при розрахунках на стійкість, додатки); товщина фасонки – 12 мм.

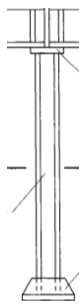
Варіант 2

Оберіть правильний варіант відповіді:

1. Конструктивний елемент, на який безпосередньо передаються опорні реакції конструкцій, що спираються на колону – це...

- А) бази;
- В) оголовка;
- С) стержень.

2. Стержні колон бувають:



- А) постійного, перемінного;
- В) східчастого перерізу по висоті;
- С) відповідь А і В.

3. Вкажіть, з яких елементів складається колона:

- а) _____
- б) _____
- в) _____

4. Дайте назву Єврокоду EN 1993 Eurocode: 3...

- А) проектування сталевих конструкцій;
- В) проектування дерев'яних конструкцій;
- С) проектування залізобетонних конструкцій.

5. Задача. Потрібно підібрати переріз стиснутого верхнього пояса ферми із двох кутків. Розрахункове зусилля $N = 500$ кН. Розрахункові довжини стержнів у площині ферми – $l_x = 3$ м, поза площиною ферми $l_y = 6$ м. Матеріал – сталь С225, $R_y = 21$ кН/см², $\gamma_c = 0,95$ (стиснуті елементи стержньових конструкцій покриттів при розрахунках на стійкість, додатки); товщина фасонки – 12 мм.

Варіант 3

Оберіть правильний варіант відповіді:

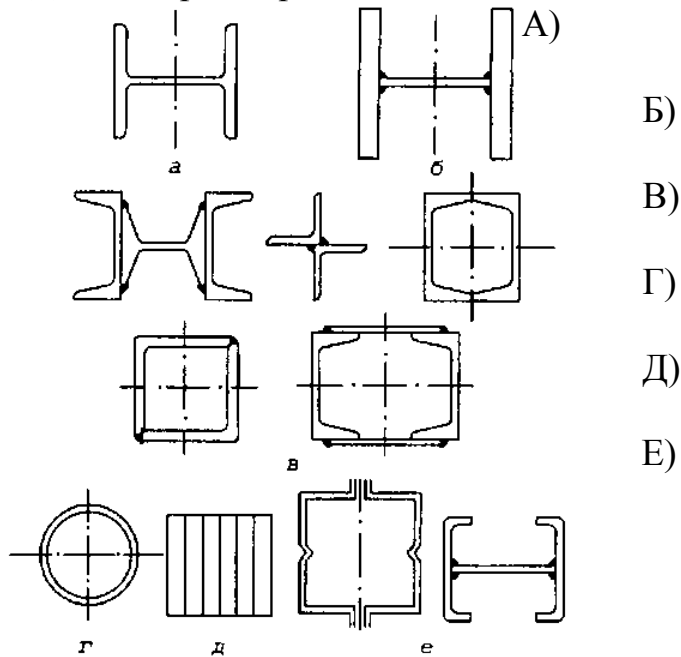
1. Елемент, який передає зусилля колони на бетон фундаменту – це...

- А) стержень;
- В) оголовок;
- С) база.

2. Якщо поздовжня сила не збігається з центром ваги перерізу або до стержня прикладені які-небудь поперечні навантаження, то крім стиску виникає вигин, і колона називається ...

- А) позацентрово-стиснутою ;
- В) центрально-стиснутою;
- С) відповідь А і В.

3. Дайте характеристики з'єднань...



4. Дайте повну назву Єврокоду EN 1999-1-2:2007

- A) конструкції, що чутливі до витривалості;
- B) розрахунок конструкцій на вогнестійкість;
- C) конструкції оболонок.

5. *Задача.* Потрібно підібрати переріз стиснутого верхнього пояса ферми із двох кутків. Розрахункове зусилля $N = 700$ кН. Розрахункові довжини стержнів у площині ферми $l_x = 3$ м, поза площиною ферми $l_y = 6$ м. Матеріал – сталь С245, $R_y = 24$ кН/см², $\gamma_c = 0,95$ (стиснуті елементи стержньових конструкцій покриттів при розрахунках на стійкість, додатки); товщина фасонки – 12 мм.

Варіант 4

Оберіть правильний варіант відповіді:

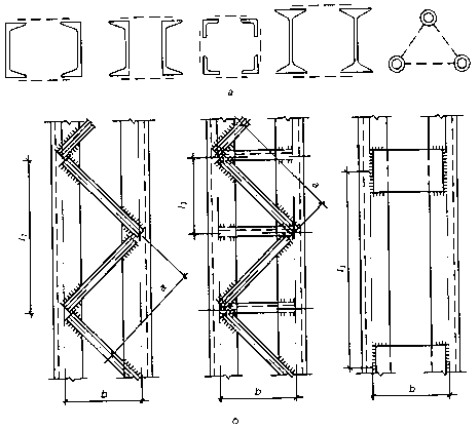
1. Основний конструктивний елемент, який передає навантаження з оголовка на базу – це...

- A) стержень;
- B) оголовок;
- C) база.

2. Переріз стержня колони може бути:

- A) суцільним;
- B) наскрізним (решітчастим), що складається з окремих гілок, з'єднаних розкосами або планками.
- C) відповідь А і В.

3. Дайте характеристики виглядів перерізів



4. Дайте повну назву Єврокоду EN 1993:

- А) основні правила - Вогнестійкість
- В) проектування сталевих конструкцій;
- С) загальні правила і правила для споруд.

5. *Задача.* Потрібно підібрати переріз стиснутого верхнього пояса ферми із двох кутків. Розрахункове зусилля $N = 650$ кН. Розрахункові довжини стержнів у площині ферми – $l_x = 3$ м, поза площиною ферми $l_y = 6$ м. Матеріал – сталь С225, $R_y = 21$ кН/см², $\gamma_c = 0,95$ (стиснуті елементи стержньових конструкцій покриттів при розрахунках на стійкість, додатки 1); товщина фасонки – 12 мм.

Розділ 9

ВОГНЕЗАХИСТ СТАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1. Необхідність вогнезахисту сталевих конструкцій.
2. Конструктивні способи вогнезахисту. Вогнезахисна обробка покриттями і складами.
3. Структурно-методологічна схема вибору вогнезахисту.

9.1 Необхідність вогнезахисту сталевих конструкцій

Для прикладу. У висотних будівлях на випадок пожежі передбачають три основні механізми захисту: систему спринклерів, активну ліквідацію пожежі пожежними та пасивний вогнезахист конструктивних елементів, для запобігання розвитку можливого сценарію руйнування [11].

У випадку веж-близнюків жорсткий режим пожежі подавив механізми захисту набагато швидше ніж очікувалося. Внаслідок високої інтенсивності спринклери, перший рівень захисту, виявилися неефективними або недіючими. Активну ліквідацію пожежі пожежними, другий рівень захисту, не можливо було ефективно застосувати через розташування вогнища пожежі на верхніх поверхах. Удар літака став причиною пошкодження вогнезахисту, третього рівня захисту, пасивний вогнезахист конструкцій виявився неефективним. Руйнування механізмів захисту від пожежі значно вплинуло на характер руйнування веж-близнюків.

Переважає більшість сталевих конструкцій будівель та споруд мають межу вогнестійкості, яка не відповідає вимогам нормативних документів. Для забезпечення межі вогнестійкості до рівня, який би відповідав нормативним вимогам, можна використати один з трьох способів або їх поєднання, а саме:

- вогнезахист конструкцій;
- використання вогнестійких сталей;
- застосування зовнішніх несучих конструкцій.

Вогнезахист, блокуючи тепловий потік від вогню до поверхні конструкцій, оберігає їх від швидкого прогрівання і дозволяє зберегти несучу здатність протягом певного часу.

Метали відрізняються високою теплопровідністю, тому їх вогнезахист полягає у створенні на поверхні сталевих елементів конструкцій теплоізолюючих екранів, що витримують вплив вогню або високих температур.

Елементи сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам протипожежної безпеки. Під дією високої температури під час пожежі несуча здатність сталевих конструкцій різко знижується, а іноді відбувається їх руйнування. Застосування сталевих конструкцій, які виконані без урахування вимог вогнестійкості, може призвести до людських жертв і значних збитків.

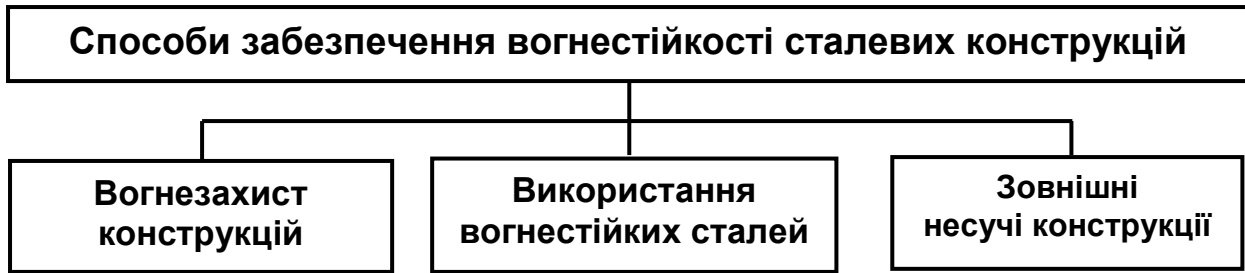


Рисунок 9.1 – Способи вогнезахисту конструкцій

Елементи сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам протипожежної безпеки. Під дією високої температури під час пожежі несуча здатність сталевих конструкцій різко знижується, а іноді відбувається їх руйнування. Застосування сталевих конструкцій, які виконані без урахування вимог вогнестійкості, може призвести до людських жертв і значних збитків.

При вогневому впливі в сталевих будівельних конструкціях під дією постійного навантаження виникає деформація повзучості від температури, накопичення якої призводить до втрати несучої здатності цих конструкцій.

Крім високотехнологічних і, найчастіше, дорогих автоматичних систем пожежогасіння існують рішення, які називаються пасивним протипожежним захистом.

Елементи сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам протипожежної безпеки. Під дією високої температури під час пожежі несуча здатність сталевих конструкцій різко знижується, а іноді відбувається їх руйнування. Застосування сталевих конструкцій, які виконані без урахування вимог вогнестійкості, може призвести до людських жертв і значних збитків.

Таблиця 9.1 – Способи вогнезахисту залежно від типу захищеної конструкції

Тип конструкцій	Спосіб вогнезахисту					
	Спучувані покриття	Покриття	Обетонування	Облицювання	Тинькування	Заповнення порожнистих перерізів
Колони	*	*	*	*	*	*
Балки	*	*	*	*	*	
Ферми	*	*			*	
Структури	*	*				
Резервуари	*	*	*	*	*	
Мембрани	*	*				
Вантові конструкції	*					

Елементи сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам протипожежної безпеки. Під дією високої температури під час пожежі несуча здатність сталевих конструкцій різко знижується, а іноді відбувається їх руйнування. Застосування сталевих конструкцій, які виконані без урахування вимог вогнестійкості, може призвести до людських жертв і значних збитків.

При вогневому впливі в сталевих будівельних конструкціях під дією постійного навантаження виникає деформація повзучості від температури, накопичення якої призводить до втрати несучої здатності цих конструкцій.

Крім високотехнологічних і, найчастіше, дорогих автоматичних систем пожежогасіння існують рішення, які називаються пасивним протипожежним захистом.

Вогнестійкість сталеві незахищеної конструкції залежить від приведеної товщини металу. Приведена товщина визначається як відношення площі поперечного перерізу елемента сталеві конструкції до частини її периметра, що обігривається. Фактично у будівництві застосовуються конструкції з приведеною товщиною не більше 20 мм.

Застосування незахищених сталевих конструкцій допускається, коли мінімальна необхідна межа вогнестійкості конструкції встановлена R15 (RE 15, REI 15), за винятком випадків, коли межа вогнестійкості несучих елементів будівлі за результатами випробувань становить менше R8. У цих, а також у всіх інших випадках, коли необхідна межа вогнестійкості конструкцій більше

R15 (RE 15, REI 15), потрібно підвищити їх вогнестійкість до заданого рівня за допомогою засобів вогнезахисту.

Особливо важливо застосовувати пасивний вогнезахист у будинках з великим скупченням людей: готелі, аеропорти, спортивні комплекси, стадіони та торгові центри, а так само в таких галузях промисловості, як нафтопереробні та атомно-енергетичні комплекси.

9.2 Конструктивні способи вогнезахисту. Вогнезахисна обробка покриттями і складами.

Штукатурка. Застосування цементно-піщаної штукатурки по металевій сітці як вогнезахисне покриття дає можливість збільшити межу вогнестійкості сталевих колон до 45 хв при товщині шару 25 мм та до 120 хв при товщині шару 50 мм, який нанесено по двох шарах металевої сітки [11]. За даними експериментів, шар штукатурки під впливом високих температур покривається тріщинами, розшаровується та руйнується. При товщині шару 50 мм, нанесеного по двох металевих сітках, обрушення не відбувається.

Прагнення знизити масу штукатурного покриття призвело до розробки легких штукатурок із вмістом азбесту, перліту, вермикуліту, фосфатних з'єднань і інших матеріалів. Однак зниження маси призводить до появи недоліків, властивих полегшеним штукатуркам: зниження конструктивної міцності, недостатня адгезія до поверхонь, що покриваються. Слід зазначити, що штукатурні суміші на рідкому склі, вапні і гіпсі можуть використовуватися в приміщеннях з відносно вологістю не більше 60%. Крім того, штукатурки не відповідають естетичним вимогам і не можуть бути нанесені на конструкції складної конфігурації (ферми, зв'язки і т. д.).

Покриття сталевих конструкцій вогнезахисними складами на гіпсовому в'язучому може спричинити корозію сталі. Для запобігання цьому в гіпсові склади необхідно вводити добавки, які підвищують лужність середовища, наприклад, мелене негашене вапно, поташ тощо.

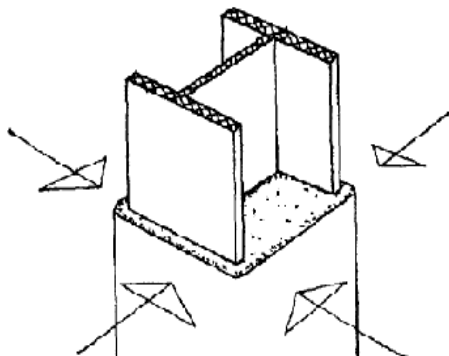


Рисунок 9.2 – Металевий елемент, який повністю знаходиться в захисному матеріалі

Бетон. Влаштування масивного захисного шару бетону (рис. 9.2) передбачається, як правило, лише в тих випадках, коли бетон виконує крім вогнезахисних і інші функції, наприклад сприймає частину діючого навантаження на конструктивний елемент. Таким чином, захищаються звичайно лише колони і стійки. У цьому випадку можна застосовувати різні види бетонів і, зокрема, комірчасті бетони, що мають меншу вагу і підвищені теплоізоляційні властивості. Застосування вогнезахисту сталевих конструкцій за допомогою бетону і цегляної кладки

найбільш раціонально, коли одночасно з вогнезахистом конструкцій потрібно провести їх укріплення, наприклад, при реконструкції будівель.

Товщина захисного шару бетону повинна бути не менше за 6 см. Бетон забезпечує достатній вогнезахист сталевих конструкцій, але збільшує вагу каркасу будівлі. Так, на нижніх поверхах для колон перерізом 40x40 см у разі товщини шару бетону 10 см в 30-поверховій будівлі при висоті поверху 3,5 м навантаження від бетону становить близько 50 т/с на кожену колону [11].

Використовуючи як заповнювачі гірські породи, в які входить кварц, в бетоні за температури близько 600 °С можуть з'явитися тріщини через збільшення об'єму кварцу.

За даними Л. І. Яковлева, застосування для обетонування сталевих колон бетону на гранітному щебні або піщаного бетону при одних і тих самих товщинах захисного шару дає менший ефект порівняно з бетоном на вапняковому щебні. У разі вагової вологості бетону менше ніж 3 % руйнування від пожежі не спостерігали.

Важкі бетони з великим заповнювачем як з гранітного, так і з вапнякового щебню або піщані бетони мали однаковий характер руйнування – типу вибуху. Причиною такого руйнування є різке підвищення тиску водяної пари всередині бетону у разі впливу на нього вогню. Легкі бетони з об'ємною вагою до 1300 кг/м³ та більшою пористістю у разі вагової вологості до 16 % витримували вплив вогню без будь-яких ознак вибухоподібного руйнування [11].

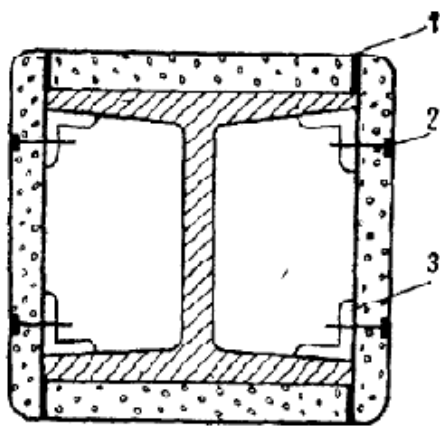


Рисунок 9.3 – Захист металевої колони збірними залізобетонними плитами:

- 1 – шар клею, 2 – нержавіючий болт, 3 – приварений кутник.

Вагова вологість бетону в середині колони знижується до 3 % через три місяці 10 днів після зняття опалубки. Отже, вплив високих температур на залізобетонний захист несучих сталевих колон особливо небезпечний в перший період експлуатації будівлі, коли вагова вологість бетон колон перевищує 3 % і може спричинити вибухоподібне їх руйнування. Тому в будівлях, які будують, і експлуатують перший рік, необхідно особливо ретельно дотримуватись правил пожежної безпеки.

Можна застосовувати також збірні залізобетонні захисні плити, виготовлені безпосередньо на площадці в заводських умовах, які з'єднуються на клею, на скобах і т.п. (рис. 9.3). Оскільки такі бетонні плити є досить важкими, для зниження їхньої ваги звичайно використовують ніздрюваті бетони. Такі бетони звичайно виготовляють в автоклавах, де в структурі відбувається реакція, аналогічна до тієї, яка має місце при одержанні силікатної цегли. Теплопровідність ніздрюватих бетонів складає 0.2 – 0.3 Вт/м·С⁰.

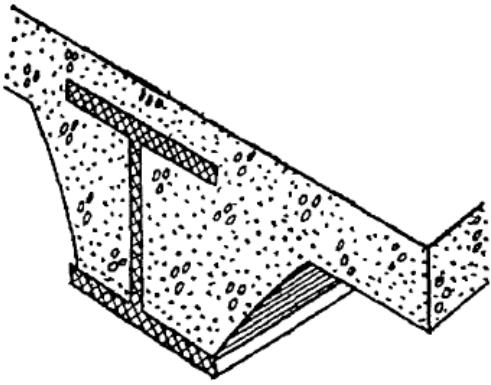


Рисунок 9.4 – Вогнезахист сталевих балок

Балки й інші елементи, що згинаються, можна захистити за допомогою опалубки, що спирається на внутрішню поверхню нижньої полиці балки і що дозволяє одержати захисний шар з бетону при заливанні плити (рис. 9.4). При цьому особливо важливо досягнути спільної роботи сталі і бетону.

Орієнтовні значення товщини вогнезахисного шару бетону, необхідного для забезпечення межі вогнестійкості сталевих конструкцій від 45 хвилин до 150 хвилин, становлять від 20 до 60 мм.

Цегляне облицювання застосовують для вогнезахисту вертикально розташованих конструкцій.

Облицювання з бетону і цегляної кладки забезпечують межу вогнестійкості до 150 хвилин, вони стійкі до атмосферних впливів і агресивних середовищ. Але ці способи вогнезахисту пов'язані з трудомісткими опалубними і арматурними роботами, малопродуктивні, значно збільшують каркас будівлі і збільшують терміни будівництва.

Крім того, ці способи незастосовні для вогнезахисту несучих конструкцій перекриттів (ферми, балки) і зв'язків по колонах і фермах.

Для вогнезахисного облицювання повинна застосовуватися цегла марки не нижче М75. Для цегляної кладки рекомендується застосовувати цементно-піщаний розчин марки не нижче М50. В якості в'язучого слід застосовувати портландцемент, шлакопортландцемент і швидкотверднучий портландцемент марок не нижче М400.

Облицювання суцільних і наскрізних колон цегляною кладкою може бути виконано по периметру перерізу і по контуру поверхні, що захищається.

Для надійного з'єднання цегляної кладки вогнезахисного облицювання колон і забезпечення герметизації стиків з конструкціями стін необхідно в стінах встановити анкери та арматуру цегляної кладки приварювати до них. Горизонтальні та вертикальні шви в місцях сполучення цегляної кладки з іншими конструкціями повинні бути повністю заповнені розчином з обробленням швів врівень. Захист вузлів складної конфігурації в місцях сполучення колон з ригелями, зв'язками і плитами перекриття рекомендується виконувати в монолітному залізобетоні з установкою необхідних закладних деталей і випуском арматури для забезпечення з'єднання вогнезахисних облицювань колон, ригелів і зв'язків між собою.

Вогнезахисне облицювання цегляною кладкою не вимагає додаткових робіт із штукатурення і фарбування.

Облицювання сталевих елементів з метою вогнезахисту застосовують на практиці вже тривалий час, понад 130 років. Перші висотні будівлі з

використанням сталевих каркасів у м. Нью-Йорку (США) мають вогнезахист у вигляді облицювання керамічною цеглою для колон та керамічними елементами для балок.

Легкі бетони. Вогнезахисні покриття сталевих конструкцій легкими бетонами з об'ємною вагою від 600 до 1500 кг/м³ можна виконувати з керамзитобетону, гіпсобетону та інших бетонів з легкими пористими заповнювачами [11]. Штучними пористими заповнювачами: керамзитовий гравій, шлакова пемза, гранульований шлак, щебінь та пісок з перліту та інших вулканічних порід, спучених під час випалювання. Додатками для легких бетонів застосовують тонкомелені доменні гранульовані шлаки, туф, пемзу тощо. Як в'язуче для легких бетонів застосовують портландцемент.

Підвищена пористість легких бетонів сприяє розвитку корозії в них сталевих арматур. Тому в агресивному середовищі легкий бетон повинен бути щільним з вмістом цементу не менше 250 кг/м³. Сталеві стержні доцільно покривати антикорозійними складами – цементно-казеїновою суспензією, бітумно-цементною мастикою тощо у разі вкладання легкого бетону в опалубку довкола сталевих колон. Внаслідок великої різниці у об'ємній вазі заповнювача та цементного тіста бетон не може бути достатньо ущільненим, тому для влаштування вогнезахисних облицювань застосовують плити з таких бетонів. У НІЖБ розроблені склади жаротривкого перлітобетону на портландцементі з граничною температурою застосування 600° С. Об'ємна вага таких перлітобетонів коливається в межах 800 –1000 кг/м³, міцність 50–100 кгс/см².

Гіпс. Звичайно будівельний гіпс має склад – CaSO₄–2H₂O, тому в сухому стані він містить 20% конституційної води.

У випадку пожежі такий запас води в гіпсі грає дуже важливу роль, оскільки потрібна значна кількість теплової енергії для перетворення молекул гіпсу в безводний сульфат кальцію і випаровування вивільненої води. Тому при пожежі такий гіпсовий захисний шар одночасно відіграє роль за рахунок поглинання значної кількості тепла і виконує пасивну функцію, як екран, що перешкоджає проходженню теплового потоку.

Гіпс можна використовувати або у виді збірних плиток чи пластин, або наносити його вручну чи механічно.

Вермикуліт. Вермикуліт є природним мінералом із сімейства гідролітів, що при нагріванні значно збільшується в об'ємі, обезводнюється і змінює свою структуру на шарувату. Усе це обумовлює його застосування як теплоізоляційного матеріалу. Розмір зерен вермикуліту збільшується в 20–30 разів, зневоднене повітря виявляється в порах його структури, яка сама має високу теплоізолюючу здатність.

Наявність слюди в мінеральному складі і дуже висока температура плавлення (близько 1400°С) роблять вермикуліт матеріалом, дуже придатним для виробництва захисних панелей, що не виділяють ні диму, ні токсичних газів, а тільки лише водяний пар. Сполучення цементу або гіпсу з вермикулітом дозволяє створювати захисні оболонки, що мають високу

вогнестійкість. При змішуванні вермикуліту з глиноземистим цементом виходить жаротривкий бетон, що постійно витримує температуру 1000°.

Вироби з такого бетону можуть бути монолітними або збірними, крім того, бетон можна наносити набризкуванням для утворення захисного шару.

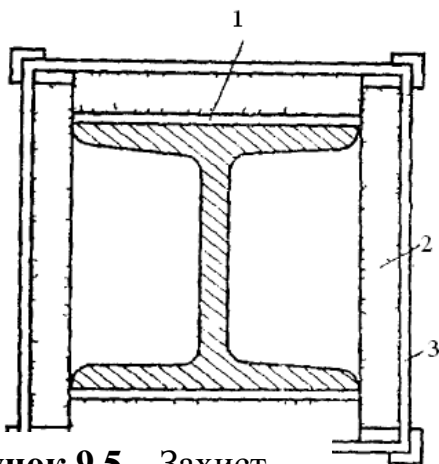


Рисунок 9.5 – Захист

вермикулітовими плитами:

1 – шар клею; 2 – плита вермикуліту, 3 – сталевий лист

Вермикулітовий бетон являє собою захисне покриття, дуже чуттєве до ударів, тому іноді виникає необхідність захищати вермикулітові захисні панелі від ушкодження.

Перліт. Як і вермикуліт, перліт є мінеральним заповнювачем, що має таку ж здатність при дії тепла і, отже, знаходить аналогічне застосування.

Мінеральні волокна. До числа мінеральних волокон звичайно відносять: азбестове волокно, скловолокно і скловату, шлаковату.

Азбестове волокно є природним волокном, яке досить часто зустрічається в природі. Шлаковату найчастіше виробляють з доменних шлаків. У розплавлений шлак додають визначені компоненти з метою одержання спеціальних властивостей кінцевого продукту.

Процес одержання скловолокна передбачає плавлення спеціальних склоутворюючих з'єднань, здатних до утворення волокнистої структури. Усі ці матеріали набризкують пневматичним способом. Застосування азбестового волокна більше не практикується, тому що контакт з азбестом веде до професійних захворювань (асбестоз, пневмоконіоз). Від 29 червня 1977 р., застосування азбесту або азбестовмісних матеріалів забороняється для влаштування захисних покриттів на всіх стінових і інших елементах житлових будинків.

Спучена глина (керамзит). Це дуже легкий і інертний матеріал, що складається з зерен діаметром 3–10 мм, що має внутрішню комірчасту остекловану і міцну зовнішню оболонку, що забезпечує його високу міцність на стиск при дуже малій вдавній щільності (близько 350 кг/м). Зручність застосування такого матеріалу в розсипному вигляді полягає в тому, що він викликає мінімальні поперечні зусилля при укладанні його між елементом, що захищається, і листовою оболонкою. При нагріванні листової оболонки приблизно до 300 °С кульки зі спученої глини не піддаються осіданню. У зв'язку з цим у захисному шарі не утвориться місцевих порожнеч, що могли б сприяти підвищенню теплопередачі. Такий заповнювач зберігає свою стійкість при температурах до 1200 °С, будучи при цьому поганим провідником тепла.

Дерево. Може здатися дивним захист неспалимої сталі таким легкозаймистим і спалимим матеріалом, як дерево. Однак високі ізоляційні властивості дерева перевищують збільшення теплового навантаження,

створеної таким способом ізоляції. У такий спосіб можливо досягти границі вогнестійкості порядку 60 хв. з урахуванням швидкостей горіння.

Покриття, що спучуються. В даний час все більше поширення отримують нові методи з використанням вогнезахисних складів, які незначно обтяжують конструкції. Найбільш технологічним є нанесення на поверхню об'єкта тонкошарових вогнезахисних складів (фарб), які спучуються. Їх вогнезахисні властивості проявляються за рахунок збільшення товщини шару і зміни теплофізичних характеристик при тепловому впливі в умовах пожежі.

Вогнезахисні фарби (покриття), які спучуються представляють собою композиційні матеріали, що мають у своєму складі полімерну в'язучу речовину і наповнювачі (антипірени, газоутворювач, жаростійкі речовини і стабілізатори спіненого вугільного шару). При нагріванні вони розкладаються навколо конструкції, яку захищають, з поглинанням тепла, відбувається виділення інертних газів і парів, які заміщають атмосферний кисень і блокують конвективний перенос тепла до поверхні, що захищається, придушуючи полум'я поблизу шару покриття, зменшують радіаційний потік тепла і уповільнюють процес горіння. Спучуючі покриття містять компоненти, які є джерелом утворення спіненого вугільного шару, що покриває поверхню конструкції. Цей шар поступово коксується, стає жорстким.

Спінений шар, відрізняючись низькою теплопровідністю, виконує функцію теплозахисного екрану, який уповільнює розповсюдження тепла по конструкції і її прогрів, в результаті чого об'єкт, який обробили, значно пізніше потрапляє в область критичної температури.

Суміші терморозширюючого типу є одним з перспективних напрямів вогнезахисту. Дія їх заснована на спучуванні нанесеного покриття під впливом високих температур (170–250°C) і виникненні пористого теплоізолюючого шару. При цьому вогнезахисне покриття товщиною від 0,5 до 2 мм збільшується в об'ємі в 10–40 разів і забезпечує вогнезахисну ефективність від 0,5 до 1,5 години.

За відповідності умовам об'єкта декількох способів вогнезахисту, подальший вибір здійснюється з урахуванням:

- довговічності засобів вогнезахисту;
- ремонтпридатності засобів вогнезахисту;
- досвіду застосування засобу вогнезахисту на інших об'єктах;
- вартості виробництва вогнезахисних робіт.

Вибір конкретного типу вогнезахисного складу і матеріалу після уточнення оптимального способу вогнезахисту для даного об'єкта проводиться шляхом порівняння техніко-економічних показників матеріалів, наявності діючих сертифікатів та звітів про випробування на потрібну вогнезахисну ефективність.

Покриття спучуване вогнезахисне ВПМ-2. Покриття спучуване вогнезахисне ВПМ-2 наносять в умовах будівельного майданчика на сталеві конструкції з метою підвищення їх межі вогнестійкості до 45 хв [11]. Покриття необхідно застосовувати для вогнезахисту конструкцій, які експлуатуються

всередині приміщень з неагресивним середовищем, додатною температурою, яка не перевищує 35 °С, та відносною вологістю повітря не більше за 60 %. Допускається застосовувати покриття за відносної вологості повітря не більше ніж 80 % за умови нанесення на поверхню сухого покриття вологозахисного шару. Товщина сухої покриття повинна бути не менше ніж 3,5 мм.

Покриття по сталі фосфатне вогнезахисне на основі мінеральних волокон випускають згідно з ГОСТ 25665-83, призначене для підвищення вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій, наносять в умовах будівельного майданчика.

Облицювання металевих конструкцій плитами. Необхідна межа вогнестійкості сталевих колон – 150 хв досягається у разі облицювання гіпсовими плитами завтовшки 6 см.

Облицювання сталевих колон керамзитобетонними плитами, які закріплені спіралью намотаним на грані колон сталевим дротом та потиньковані цементно-піщаним тиньком завтовшки 20 мм, забезпечує достатню його міцність при впливі високих температур. За товщини керамзитобетонних плит 40 та 70 мм сталеві колони мають межу вогнестійкості відповідно 70 та 120 хв.

Облицювання сталевих колон плитами завтовшки 30 та 60 мм дає змогу отримати межу вогнестійкості відповідно 60 та 240 хв. Однак у результаті явищ усадки в гіпсових плитах під час їх прокалювання, які зумовлені випаровуванням вологи та дисоціацією гіпсу, плити викривляються, у них утворюються дрібні та великі тріщини, внаслідок чого відбувається обрушення плит, що приводить до значного зниження межі вогнестійкості конструкції.

Плитні системи. Різноманітні плитні системи для вогнезахисту сталевих конструкцій забезпечують вогнестійкість від 30 до 240 хв, їх фіксують до сталевих конструкцій з використанням механічних методів (болтів, хомутів) або приклеюють. Найчастіше використовують коробчасту конфігурацію облицювання конструкцій.

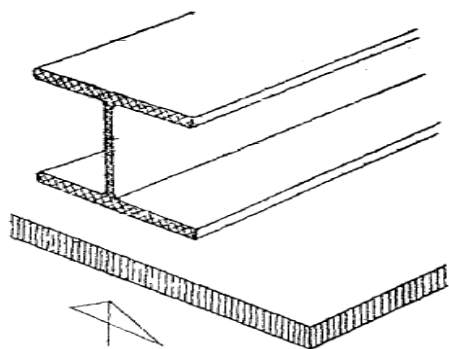


Рисунок 9.6 –
Горизонтальний екран

Горизонтальний і похилий екрани.

Мова йде про використання декоративного елемента, яким є підвісна стеля. Захист металевих конструкцій здійснюється одночасно за рахунок ізолюючої здатності самої підвісної стелі і за рахунок повітряного простору між підвісною стелею і плитою перекриття або покриття, що спирається на сталеву балку, що захищається (рис. 9.6).

Захист може виявитися дуже ефективним за умови дотримання ряду вимог. Зокрема, стеля не повинна бути демонтованою (збірною-розбірною), а також не повинні виділятися токсичні газу. Крім цього, необхідно передбачити вертикальне членування простору між стелею і перекриттям (покриттям), щоб уникнути поширення вогню в горизонтальному напрямку.

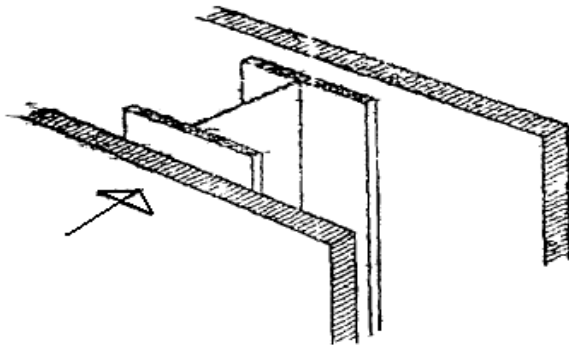


Рисунок 9.7 – Вертикальний екран

Екранний захист. Для захисту від вогню розташованого у середині будинку каркасу можна використовувати перешкоди. Надійний екран можна створити шляхом улаштування перешкод по обох сторонах елемента каркасу, що захищається (рис. 9.7).

При улаштуванні захисного екрану з елементів стандартних розмірів (наприклад деревинно-стружкові, деревинно-волокнисті або гіпсові плити) особлива увага повинна бути звернена на виконання вертикальних швів і на сполучення їх з горизонтальними елементами покриттів, оскільки саме зазначені місця є причинами обмеженої вогнестійкості.

Аналогічно наявність дверної чи віконної рами може значно знизити ефективність перегородки, або внаслідок її поганого кріплення до елементів екрану, або внаслідок її надмірної деформативності.

Повітряний простір, що утворюється при установці екрану по обидва боки елемента каркасу, повинен бути ізолюваний як у вертикальному, так і горизонтальному напрямку для запобігання поширенню вогню за рахунок ефекту тяги. Приймаючи такі запобіжні заходи можна вибрати типи перегородок з границею вогнестійкості, рівною необхідній границі вогнестійкості каркасу за умови, що звернена до вогню перегородка зберігає свої функції протягом усієї пожежі.

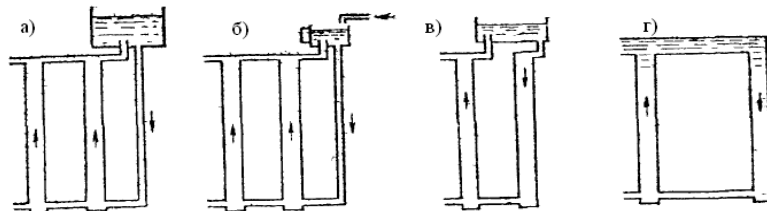


Рисунок 9.8 – Водонаповненні конструкції

Водонаповненні конструкції. Принцип водяного охолодження дуже простий і з успіхом використовуються протягом десятиліть у різних галузях техніки. Його схематично показано на рис. 9.8.

Металеві колони порожнього перерізу зверху і знизу об'єднані в замкнуту мережу і заповнені водою. Рівень води підтримується постійним за допомогою вище встановленого резервуара, що одночасно є компенсатором при збільшенні об'єму води і джерелом випару. Якщо під час пожежі такі колони нагріваються, то в системі за рахунок підйому нагрітої в окремих місцях води встановлюється природна циркуляція, за допомогою якої відбувається приплив, і як наслідок охолодження сталевих конструкцій у вогнищі пожежі. Досягнення нагрітою водою температури кипіння і її

випаровування залежить головним чином від тривалості і розміру пожежі, а також від кількості циркулюючої в системі води. За рахунок випаровування відбувається зниження рівня води в резервуарі, причому живлення системи може бути або з резервуару досить великої ємкості, або з зовнішнього джерела. Таким чином, уся система колон залишається цілком заповненою водою протягом усієї пожежі, а достатнє виділення тепла від нагрітих сталевих елементів при досягненні температури кипіння води забезпечується за рахунок охолодження при випаровуванні.

Запобігти замерзанню води в порожніх зовнішніх колонах можна за допомогою добавки відповідного антифризу. Внутрішньої корозії колон можна уникнути за допомогою невеликої кількості інгібітору корозії.

Для внутрішніх колон можна цілком відмовитися від добавок антифризу у випадку, якщо температура в приміщенні і, отже, температура в колонах не опуститься нижче точки замерзання води.

Основна ідея такого виду протипожежного захисту шляхом водяного охолодження вже далеко не нова. Ще в 1884 році американець Дж. Райд запатентував застосування чавунних колон з водяним охолодженням для захисту будинків від пожежі. У Франції аналогічний патент виданий П. Мюльтену лише в 1960 році.

Таким чином, може бути досягнута необмежена вогнестійкість за умови правильного протікання процесу циркуляції і випаровування рідини. Крім того, така система може служити засобом для створення штучного клімату в приміщенні.

Колони порожнього перерізу, заповнені бетоном. Цей метод захисту полягає у використанні внутрішнього об'єму порожніх профілів шляхом заповнення їх армованим бетоном. Тому в даному випадку мова може йти не про сталеві, а про змішані – сталезалізобетонні колони, оскільки бетон сприймає частину прикладеного до колони навантаження. Заповнення бетоном сталевих порожнистих перерізів, розроблене для збільшення несучої здатності, підвищує вогнестійкість колон (див. рис. 6.16). Додаткове армування ще більше покращує ці характеристики. Однією з переваг такого типу конструкції є можливість варіювання між товщиною сталевого перерізу, характеристиками сталі та бетону та кількістю арматури, щоб отримувати оптимальні конструкції.

Під час вогневого впливу заповнені бетоном сталеві порожністі перерізи мають кращі показники вогнестійкості, ніж традиційні залізобетонні колони, оскільки сталева обшивка запобігає вибухоподібному руйнуванню бетону і залишається краще захищеною проти впливу пожежі.

Використання вогнестійких сталей. Між іншими альтернативними методами вогнезахисту є використання сталей з високими характеристиками міцності за високих температур. Вогнестійкі сталі містять такі легуючі елементи, як молібден та хром, з вищими характеристиками міцності за вищих температур, ніж звичайні сталі. Межа текучості для звичайних сталей за вищих температур знижується до $2/3$ від визначеної за кімнатної температури

(217 Н/мм²) при 350 °С. Для вогнестійких сталей це значення досягається при 600 °С.

Зовнішні конструкції. Оригінальний і ефективний метод захисту полягає у винесенні вертикальних несучих конструкцій назовні за огорожуючі конструкції; при цьому несучий каркас віддаляється від джерела пожежі усередині будинку, а стінові огороження виконують функції вертикального екрана.

У такому разі нагрівання конструкцій буде значно нижчим порівняно із конструкціями, які перебувають всередині пожежного відсіку завдяки значному теплообміну із навколишнім середовищем. Нагрівання зовнішніх конструкцій відбуватиметься переважно через віконні прорізи. Відповідно до номінальних кривих «температура – час» максимальна температура кривої зовнішньої пожежі становить 680 °С, а температура у відсіку у разі стандартної кривої – 1040 °С через 150 хв пожежі.

9.3 Структурно-методологічна схема вибору вогнезахисту

Аналіз досліджень з визначення вогнезахисної ефективності засобів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій дозволив розробити структурно-методологічну схему вибору вогнезахисту за наступними критеріями:

- умови експлуатації;
- вимоги до декоративного виду;
- необхідну межу вогнестійкості;
- стійкість до механічних пошкоджень;
- товщина, питома вага покриття;
- вартість;
- час нанесення;
- технологічність (складність) нанесення;
- можливість відновлення після ушкоджень (ремонтпридатність).

У результаті теоретичних досліджень і аналізу основних способів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій, встановлено їх технічні та економічні переваги і недоліки, а також рекомендовані області застосування, які представлені у таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Переваги та недоліки різних способів вогнезахисту.

Спосіб вогнезахисту	Переваги	Недоліки	Рекомендована область застосування
Оббетонування, облицювання з цегли	Відносно низька вартість матеріалів. Стойкість до атмосферних впливів. Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Велика маса (додаткове навантаження на захищаємі конструкції і фундамент). Необхідність застосування арматури. Велика трудомісткість робіт. Складність у виготовленні та ремонті.	При необхідності забезпечення високих необхідних меж вогнестійкості конструктивного вогнезахисту.
Листові і плитні облицювання і екрани	Ремонтопридатність. Не залежить від стану раніше нанесених лакофарбних покриттів. Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Невисока механічна міцність. Багатошаровість для досягнення високих меж вогнестійкості. Застосовувати в приміщеннях з підвищеною вологістю. Необхідність застосування кріпильних елементів. Велика маса.	При необхідності забезпечення високих необхідних меж вогнестійкості конструктивного вогнезахисту в приміщеннях з нормальною вологістю (не більше 60%).
Штукатурки	Можливість експлуатації в атмосферних умовах (крім сумішей на рідкому склі, вапні і гіпсі). Забезпечувані межі вогнестійкості до 150 хв.	Велика маса штукатурок. Низька вібростійкість покриття при великих товщинах шарів. Необхідність застосування сталевих сітки і анкерів. Велика трудомісткість робіт, особливо для вогнезахисту конструкцій складної конфігурації (ферми, зв'язки і т.д.). Складність відновлення і ремонту. Мала конструктивна міцність (для сумішей на вапні і гіпсі). При необхідності забезпечити високу межю вогнестійкості (вище 60 хв.) конструкцій у разі підвищеної вологості (крім сумішей на вапні і гіпсі).	При необхідності забезпечити високу межю вогнестійкості (вище 60 хв.) конструкцій у випадку завищеної вологості (окрім сумішей на вапні та гіпсі).
Вогнезахисний склад термо розширюючого типу (вогнезахисні фарби)	Відносно низька трудомісткість нанесення. Мала товщина й вага покриття. Ремонтопридатність. Вібростійкий. Гарні декоративні якості більшості вогнезахисних фарб. Застосування для вогнезахисту сталевих конструкцій будь-якої складності. Термін експлуатації не менше 20 років при дотриманні вимог ТУ.	Вогнезахисні склади термо-розширюваного типу (вогнезахисні фарби). Забезпечувані межі вогнестійкості - в основному до 60 хв. (Для складів, сертифікованих в даний час).	Для вогнезахисту сталевих конструкцій будь-якої конфігурації, до яких пред'являється вимога межі вогнестійкості до 60 хв. В окремих випадках, при великих значеннях наведеної товщини металу, можливий вогнезахист сталевих конструкцій до 90 хв.

Тести для самоконтролю:

Варіант 1

- 1. Виділіть способи вогнезахисту сталевих конструкцій.....*
- 2. Екранний захист використовують....*
- 3. Вибір способу вогнезахисту несучих сталевих конструкцій на стадії проектування для конкретного об'єкта проводиться на основі техніко-економічного аналізу з урахуванням умов об'єкту.*

Варіант 2

- 1. Конструктивні способи вогнезахисту. Бетонування, облицювання з цегли.*
- 2. Опишіть структурно-методологічну схему вибору вогнезахисту за наступними критеріями:*
- 3. До недоліків вогнезахисних покриттів можна віднести...*

Варіант 3

- 1. Конструктивні способи вогнезахисту . Цегляне облицювання.*
- 2. Вогнезахисна обробка покриттями і складами. Вогнезахисні склади терморозширюючого типу.*
- 3. Назвіть переваги і недоліки екранного захисту.*

Варіант 4

- 1. Конструктивні способи вогнезахисту. Гіпс.*
- 2. Вогнезахисна обробка покриттями і складами. Штукатурка.*
- 3. Як забезпечується захист від гниття.*

Розділ 10 ВОГНЕЗАХИСТ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1. Дерев'яні конструкції, що застосовуються в будівництві.
2. Способи підвищення вогнестійкості і довговічності ДК.

10.1. Дерев'яні конструкції, що застосовуються в будівництві.

Для деяких несучих конструкцій застосовують сосну, кедр, піхту. Листвяні породи – осику, березу, липу, тополю застосовують в конструкціях тимчасових будівель і споруд, а також для опалубки, помостів, лісів (соснові породи мають всередині смоли, які захищають деревину від гниття, застосовують як палі).

Необхідно застосовувати високоякісні, довговічні, економічні дерев'яні конструкції. За економічними вимогами для будівель капітального призначення достатньо забезпечити строк служби 40–50 років.

Застосовують клеєні дерев'яні конструкції, які дозволяють підвищити якість будівництва, застосовувати збірні деталі будь-якої геометричної форми, є найбільш економічними за витратою лісоматеріалів.

При проектуванні і будівництві особливу увагу слід звертати на захист дерев'яних конструкцій від гниття і загорання, тобто робити антисептикові та антипіренові обробки.

Щоб зменшити усушку, розбухання, короблення, розтріскування деревини, обмежити процеси гниття, необхідно застосовувати суху деревину (з вологістю не вище за ту, яка допускається нормами). Суха деревина більш стійка ніж метал чи залізобетон до дії хімічних газів.

Фізичні і механічні властивості деревини залежать від вологості деревини, міцності волокон деревини, речовини, що їх склеює.



Рисунок 10.1 – Дах житлового будинку



Рисунок 10.2 – Дерев'яні конструкції даху



Рисунок 10.3 – Дерев'яний каркас будівлі



Рисунок 10.4 – Дерев'яні прогони даху

Вологість ДК не повинна перевищувати 15–25%. Свіжозрубана деревина хвойних порід має вологість 80-100%. Деревина швидко висихає і набуває вологості того середовища, де експлуатується.

Густина для різних порід деревини різна. Вона залежить від кількості порот, товщини стінок волокон, вмісту води.

Теплопровідність. Деревина відноситься до малотеплопровідних матеріалів. В порівнянні з металом, залізобетоном, цеглою теплопровідність дерева менше відповідно в 440, 10 і 6 разів.

Немає такої галузі народного господарства, де б не застосовувалась деревина. Дуже велике застосування в будівництві. Це несучі дерев'яні конструкції – ферми, арки, рами, прогони, балки, стропила, каркаси, а також огорожуючі елементи: стінові панелі, перегородки. З деревини виготовляють також столярні вироби: вікна, двері, плінтуси.

Деревину застосовують у вигляді круглих лісоматеріалів (колода) і пиломатеріалів (бруски, доски). Відходи деревини використовують для виробництва деревоволокнистих, деревостружкових плит. Недолік деревини в порівнянні з багатьма позитивними якостями – горючість.

Колодчасті стіни являють собою конструкцію, утворену з горизонтально укладених колод, з'єднаних в кутах вирубки. В каркасних стінках несучі функції виконує дерев'яний каркас, який складається зі стійок, розкосів, ригелів, які з'єднуються між собою.

В каркасно-обшивних стінках каркас з двох сторін обшивають дошками з заповненням простору всередині утеплювачем. В каркасно-щитових стінках каркас заповнюється крупними щитами.

Дерев'яні стіни і перегородки поширюють полум'я в суміжні приміщення і поверхи. Особливо незадовільно ведуть себе при пожежі каркасні дерев'яні стіни і перегородки, тому що можливе поширення полум'я приховане.

Стержневі опори з деревини – стійки. Дерев'яні стіни виготовляють з колод і будинків, захищають штукатуркою. Так як стержневі опори є несучими конструкціями, то їх обвалення в умовах пожежі призводить до руйнування всієї або частини будівлі.

Перекрыття по дерев'яних балках. Дерев'яні перекрыття складаються з балок, міжбалочного заповнення, конструкції підлоги і шару стелі. Балки виготовляються з дерев'яних брусків прямокутного перерізу. До бокових сторін нижньої частини балок прибивають прямокутні рейки, на які укладають міжбалочне заповнення (накат) з дерев'яних дошок, щитів. Основою підлоги є лаги, на які укладають чистий лак, паркет. Дерев'яні перекрыття бувають з повітряними прошарками, тому є вентиляція, яка видаляє вологу. Небезпеку являють собою перекрыття з горючих матеріалів, а повітряні прошарки сприяють прихованому поширенню полум'я. Дерев'яні несучі елементи при пожежі сприяють поширенню вогню і обваленню покриття.

Матеріал для дерев'яних підлог – паркетні дошки, паркетні щити, штучний паркет.

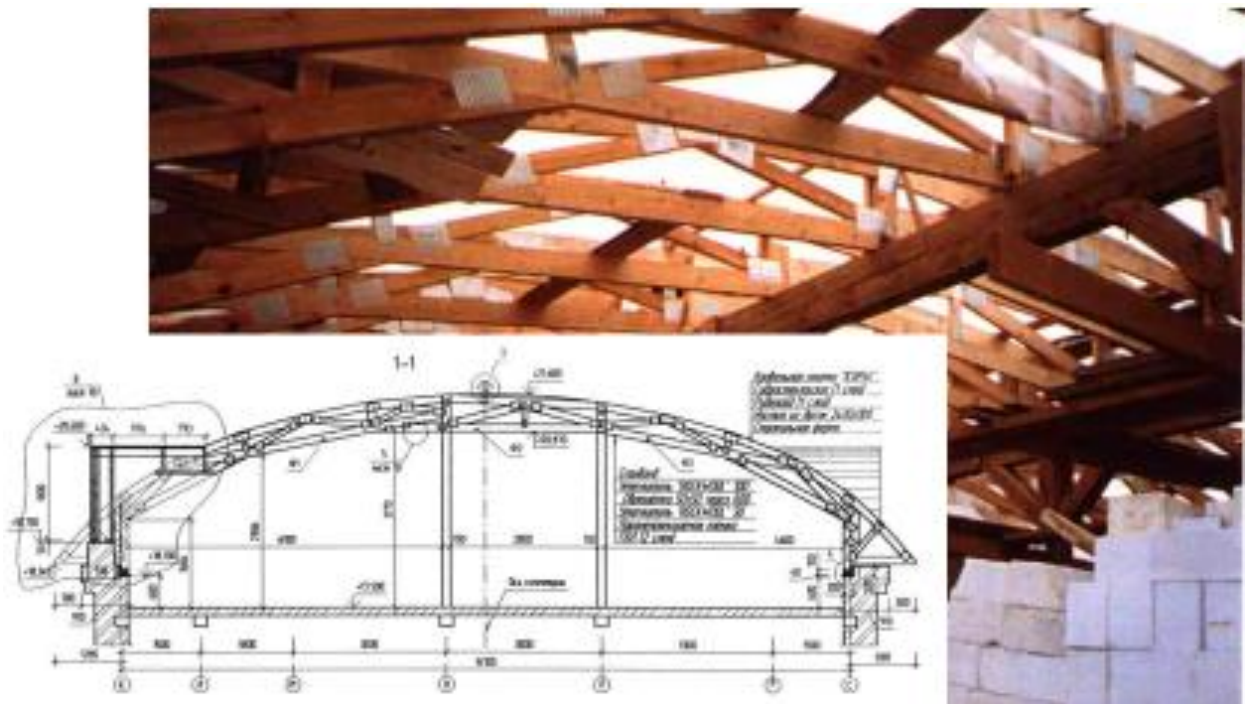


Рисунок 10.5 – Дерев'яні арки

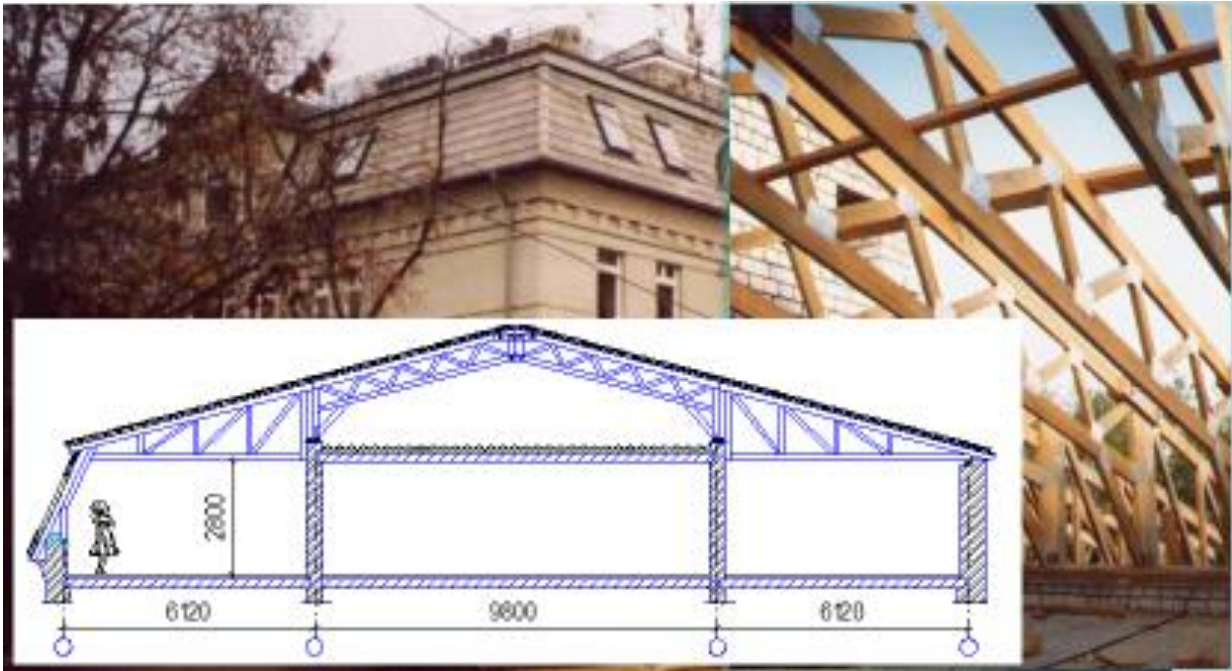


Рисунок 10.6 – Дерев'яні ферми

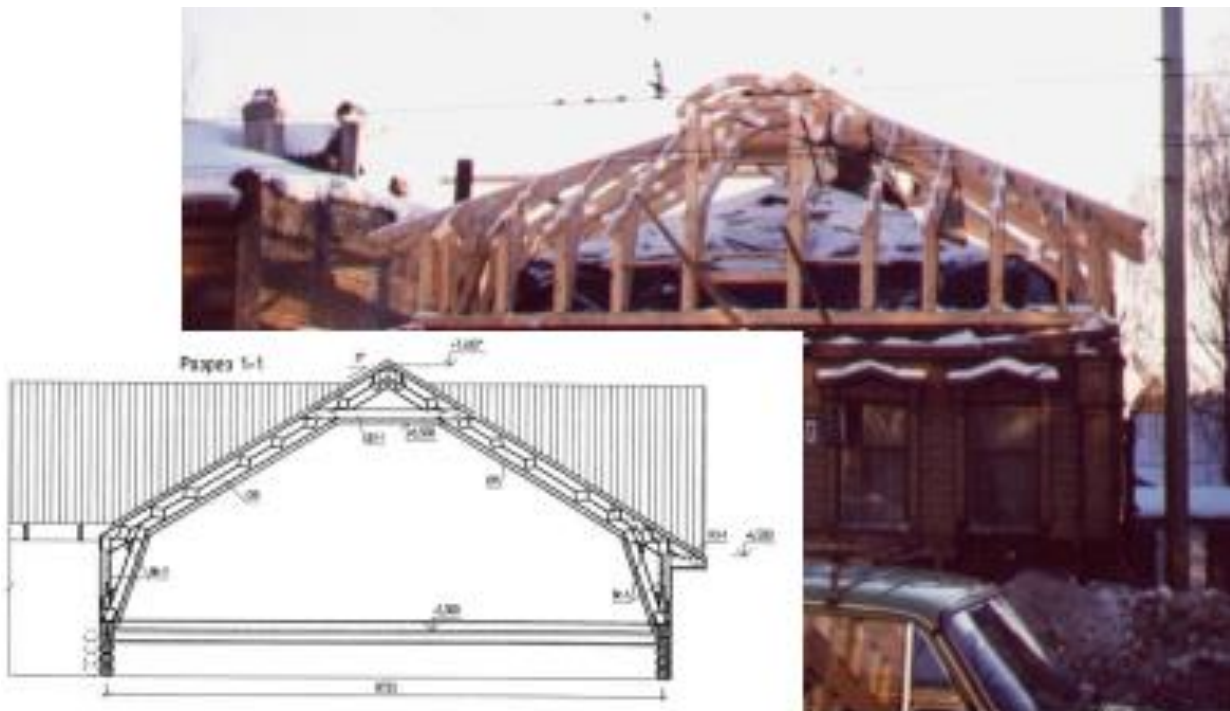


Рисунок 10.7 – Дерев'яні арки

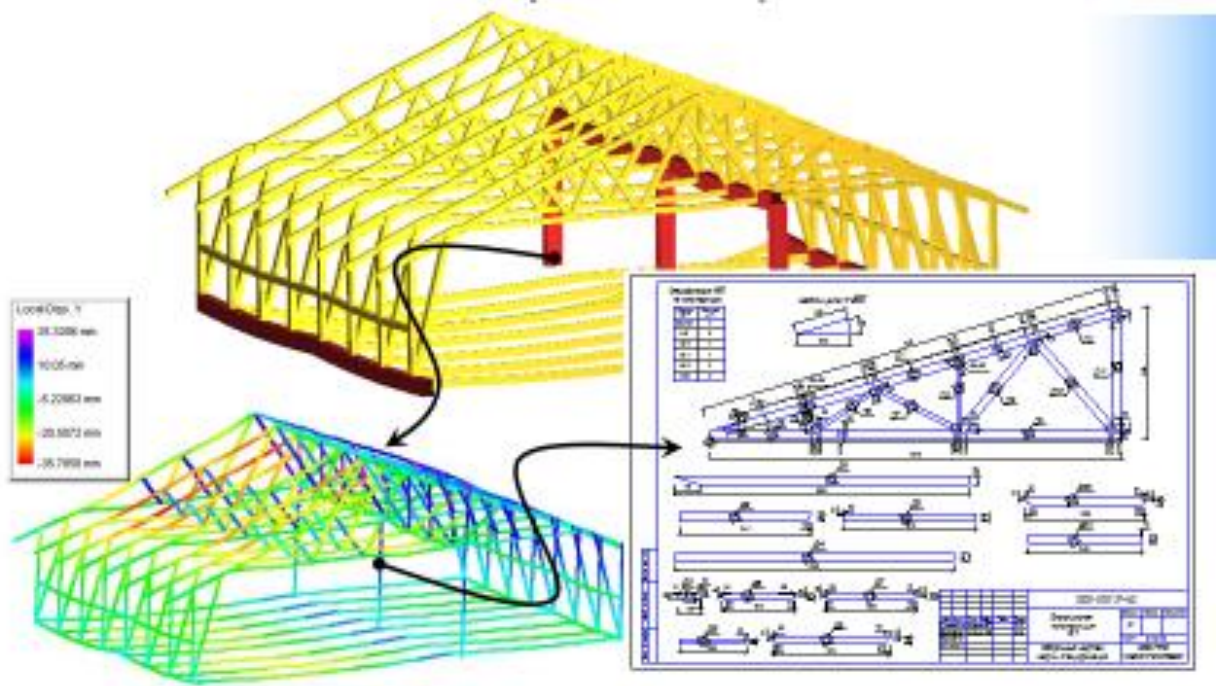


Рисунок 10.8 – Розрахунок і конструювання дерев'яних конструкцій

Види з'єднань дерев'яних конструкцій.

Лісоматеріал, призначений для будівництва, має обмежені розміри і найбільший – 6.5 м, діаметр – 32 см. Товщину пиломатеріалів приймають 16-250 мм, ширину – 100-250 мм.

Тому необхідно збільшити розміри елементів нарощуванням по довжині, з'єднати елементи під різними кутами, нарощують по висоті і ширині.

З'єднання елементів ДК виконують за допомогою врубок і спеціальних робочих зв'язків. В залежності від характеру роботи зв'язків розрізняють наступні види з'єднань:

- 1) На клеях, працюють в основному на зсув.
- 2) На врубках, що передають навантаження з одного елемента на інший без спеціальних зв'язків.

3) На розтягнутих зв'язках – болти, хомути, скоби – працюють на розтяг.

З'єднання на клеях – найбільш досконалі і прогресивні. Характеризуються відсутністю послаблення в з'єднаних елементах, підвищенням несучої здатності. Для склеювання застосовують фенолформальдегідні клеї. Клеєві з'єднання на водостійких клеях застосовують при виготовленні несучих і огорожуючих конструкцій: балки з дошок, дощато-фанерні балки, гнуті з дошок арки, рами.

З'єднання на виробках на врубах. Не дивлячись на те, що з'єднання на врубах має високу несучу здатність, вони мають недоліки: трудомісткість, крихке руйнування при роботі елементів на склеювання.

Огороджуючі дерев'яні конструкції. В огорожуючих конструкціях покриття будівель настили і обрешітки слугують основою для покрівлі. В залежності від типу покрівлі її виконують у вигляді суцільного настилу або

розрідженої обрешітки. Для рулонного гідроізоляційного настилу влаштовують суцільні настили з дощок. При застосуванні черепиці, металевих або інших листових покрівель роблять розріджені настили з дощок або обрешітки з брусків.

Прогони і балки з дощок на ребро, брусків, круглих колод виконують для покрівельних огороджуючих покрив і підвісних стель.

При косому настилі покрівельне покриття стає достатньо жорсткою діафрагмою, яка здатна передати горизонтальні зусилля як на торці, так і на повздожні стіни будівлі.

Балочні суцільні плоскі конструкції. До плоских суцільних конструкцій відносяться складні балки, три- і двошарнірки арки, рами. Елементи суцільних конструкцій з'єднуються цвяхами, циліндричними і пластичними панелями, водостійкими клеями.

Найпоширеніші ДК у вигляді балок цільного перерізу можуть перекивати прольоти 6-9 м. При більших прольотах, або при менших, але з великим навантаженням застосовують конструкції, створені з декількох елементів, як по перерізу, так і по довжині. Клеєні конструкції перспективні та індустріальні. На цвяхах виготовляють в умовах будівельного майданчика і мають обмежене застосування.

Арки трикутного і криволінійного окреслення. Тришарнірки арки трикутного окреслення складаються з двох балок, поставлених під кутом до горизонту, з'єднаних затяжкою.

Дерев'яна рама – до плоских наскрізних ДК балочного типу і відрізняються тим, що в них замість суцільної стінки решітка.

10.2 Способи підвищення вогнестійкості і довговічності ДК.

Під час пожежі деревина порівняно тривалий час обвуглюється (швидкість поперек волокон 0,5-0,8 мм за хв) та утворює шар вугілля. Він має ще меншу теплопровідність, ніж деревина, та запобігає від нагрівання центральну частину виробів з деревини.

Горіння деревини обумовлене загорянням продуктів її термічного розпаду (деструкції), причому процес горіння носить поверхневий характер. Розпочавшись у визначеному місці, під впливом тепла, горіння триває доти, доки є достатній приток повітря та доки теплота згоряння не розсіюється, а йде нагрівання все нових ділянок деревини до T її спалахування.

При T 110 °С деревина висихає та починають виділятися летучі речовини, що мають запах.

При T 110-150 °С спостерігається пожовтіння деревини та більш сильне виділення летучих складових частин.

При T 150–250 °С з'являється коричневий колір деревини у зв'язку з її обвуглюванням.

При T 250–300 °С спостерігається займання.

Температура самоспалахування деревини в межах 350–450 °С.

Таким чином, процес термічного розкладу деревини протікає у дві фази: перша фаза розпаду спостерігається при нагріванні до 250 °С (до температури займання) та йде із поглинанням тепла; друга – процес горіння, йде із виділенням тепла. Вона в свою чергу розділяється на **два періоди**: згоряння газів, що утворюються при термічному розкладі деревини (полуменева фаза горіння) та згоряння утвореного вугілля (фаза тління).

Підвищуючи вихід важкозаймистого вугілля за рахунок відповідного зменшення кількості горючих газоподібних продуктів розкладу, що обумовлюють основну полуменеву фазу горіння деревини, можна значно понизити горючість деревини. На цьому заснований хімічний вогнезахист деревини із застосуванням **антипіренів**, тобто речовин, котрі здатні під час хімічної взаємодії із деревиною або продуктами її розпаду, при Т 250-300 °С підвищувати вихід важкозаймистого вугілля за рахунок зменшення кількості смоли та горючих газоподібних продуктів розпаду.

Під час захисту деревини від нагрівання виключають її розкладання із утворенням горючих газів та горіння. На цьому принципі засноване застосування термоізолюючих покриттів, що наносять мокрим та сухим способами. Переваги таких покриттів – захист деревини від безпосереднього впливу вогню та захист її від нагрівання зовнішнім джерелом тепла. Як недолік, що суттєво знижує високу вогнезахисну ефективність термоізолюючих покриттів, є їх передчасне відшарування та руйнування місцевого характеру.

Деревина є нестійким відносно нагрівання матеріалом. Її поведінка характеризується критичною температурою, коли починається піроліз з виділенням тепла і займання деревини.

Захист від гниття. Деревину захищають від гниття, попередньо обробивши різними хімічними речовинами – **антисептиками**. До них ставлять вимоги:

- якомога більша токсичність по відношенню до руйнуючого впливу шкідників та мікроорганізмів;
- тривале зберігання токсичних властивостей;
- відсутність шкідливого впливу на міцність деревини та металу кріплення (болти, цвяхи);
- здатність якомога глибше проникати у товщину деревини;
- нешкідливість для людей.

Просочення деревини **антисептиками проводять декількома методами**:

- поверхневою обробкою пензлями на глибину 1...2 мм;
- чергове занурення виробів у гаряче-холодні ванни з Т 90 та 20 °С відповідно;
- під тиском 0,6...0,8 МПа в автоклавах;
- насиченням у високотемпературній ванні при Т 160...170 °С.

Для захисту деревини застосовують водорозчинні, органікорозчинні та масляні антисептики, а також антисептичні пасти.

Водорозчинними просочують деревину, котра у процесі експлуатації буде захищена від безпосереднього зволоження та дії води. Це: фтори натрію,

кремнефторид натрію, кремнефторид амонію, препарат ББК-3 (не токсичний), препарати ХХЦ та МХХЦ (токсичні), препарат ГР-48.

Органікорозчинні препарати типу ПЛ та НМЛ – високотоксичні антисептики, добре проникають у деревину.

Масляні антисептики – кам'яновугільне масло, антраценове масло, сланцеве масло – рідини темно-коричневі, різкий запах, сильна дія. Метал не кородують, не вилужнюються. Застосовують для глибокого просочення елементів, що перебувають на повітрі, у землі та у воді (шпали, частини мостів, сваї, підводні споруди).

Антисептичні пасти виготовляють із водорозчинного антисептика (фтори або кремнефторид натрію), в'язучої речовини (бітум, глина, рідке скло) та наповнювача (торф'яний порошок). Їх застосовують для захисту дерев'яних елементів будівель, що під час експлуатації піддаються зволоженню (кінці балок, стовпів).

Захист від ураження комахами. Основний спосіб – утримання складів лісоматеріалів відповідно до санітарних вимог та своєчасне окорення круглих лісоматеріалів, тобто обробка деревини конструкцій отруйними речовинами – інсектицидами. Використовують масляні антисептики та препарати на органічних розчинниках, порошки та пасти ДДТ, розчин хлорофосу, хлородан у вигляді дусту або емульсії та інші, а також деякі гази (хлорпікрин).

Захист деревини від загоряння. Конструктивні заходи – віддалення дерев'яних конструкцій, частин будівлі від джерел нагрівання. Традиційними є покриття дерев'яних конструкцій штукатуркою на основі цементно-піщаних, глинистих сумішей, гіпсокартоном, азбестовим картоном, азбестоцементними листами. При товщині 10 мм вони збільшують межу вогнестійкості ДК на 20...30 хв. Застосовують фарби, які спучуються, та ті, що не спучуються, неорганічні та органічні.

Нанесення на поверхню вогнезахисних сумішей, просочення хімічними речовинами – **антипіренами**. В якості антипіренів застосовують буру, хлористий амоній, фосфорнокислі натрій і амоній, сірчаноокислий амоній. Вогнезахисні суміші – пасти, фарби, готують на основі в'язучого наповнювача та антипірену. Їх наносять на поверхню ДК, або шляхом двократного обприскування поверхні конструкцій рідкими сумішами, або обробкою під тиском 0,6 МПа.

Вогнезахисна дія антипіренів заснована на тому, що вони при нагріванні створюють оплавлену плівку, яка закриває доступ кисню до деревини; інші ж при високій Т виділяють гази, запобігаючи горінню деревини.

Здійснюють також комбінований захист деревини від загоряння та гниття: додають у вогнезахисні суміші антисептики (фторид натрію), не знижуючи вогнезахисних властивостей сумішей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко Ф. Є. Металеві конструкції. Підручник : [2-ге вид., випр. і доп] / Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л. І. – Львів : Світ, 2002. – 312 с.
2. Дмитренко А. Ю. Основи та методи архітектурного проектування : навчальний посібник / Дмитренко А. Ю. – Полтава : ПолтНТУ, 2011. – 269 с.
3. Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова проектування конструкцій (EN 1990 : 2002, IDN) : ДСТУ-Н Б В.1.2-13 : 2008.
4. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1-7 : 2002.
5. Система стандартизації та нормування у будівництві. Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення : ДБН А.1.1-94 : 2010.
6. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування ДБН В.1.2-2 : 2006.
7. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14 : 2008.
8. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування : ДСТУ Б В.1.2-3 : 2006.
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до споруд. Пожежна безпека ДБН В.1.2-7 : 2008.
10. Справочник по проектированию противопожарной защиты стальных, сталежелезобетонных и бетонных конструкций зданий и сооружений в соответствии с Еврокодами : [пер. с англ] : Руководство для проектировщиков к EN 1991-1-2, 1992-1-2, 1993-1-2 и 1994-1-2 / [Леннон Т. и др. ; ред. серии Гульванесян Х. ; М-во образования и науки Росс. Федерации ; ФГБОУ ВПО «МОСК. гос. строит, ун-т» : [науч. ред. пер. Ройтман В. М., Кириллов И. А., Плотников А. И.]. – 2-е изд. – Москва : МГСУ, 2013. – 196 с.
11. Шналь Т. М. Вогнестійкість та вогнезахист металевих конструкцій : [навч. Посібник] / Шналь Т. М. : – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 176 с.

Отрош Юрій Анатолійович

**Будівлі та споруди та їх поведінка
в умовах пожежі**

Навчальний посібник

Підписано до друку 28.12.2016 р. Обл.-вид. арк. 7,2.

Замовлення № 110.

ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8.