

**Міністерство освіти і науки України**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

**М.В. Пашинський, В.А. Пашинський**

## **ВСТУП ДО БУДІВЕЛЬНОЇ СПРАВИ**

**Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти  
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»**

**Кропивницький 2025**

Вступ до будівельної справи. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» / М.В. Пашинський, В.А. Пашинський. Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 93 с.

Посібник орієнтований на ознайомлення здобувачів освіти спеціальності G19 "Будівництво та цивільна інженерія" з основами будівельної справи. Розглянута історія розвитку та сучасний стан будівельної галузі, розвиток будівельної науки, використання ефективних будівельних матеріалів, конструкцій і технологій, а також завдання й напрямки інженерної діяльності у будівництві.

Рекомендовано до друку Вченою радою Центральноукраїнського національного технічного університету, протокол № 9 від 26 травня 2025 року.

Рецензенти: д.т.н., професор Семко О.В.,  
завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії  
Національного університету "Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка"  
д.т.н., професор Клименко Є.В.,  
завідувач кафедри залізобетонних конструкцій  
та транспортних споруд  
Одеської державної академії будівництва та архітектури

© ЦНТУ, м. Кропивницький  
© Пашинський М.В.  
© Пашинський В.А.

## ВСТУП

Будівництво є надзвичайно важливою галуззю економіки, без якої не може існувати людське суспільство. У свою чергу, розвиток будівельної галузі залежить від рівня суспільних відносин. Архітектурно-планувальні, конструктивні й технологічні рішення в будівництві обумовлюються фінансовими й технічними потребами та можливостями суспільства. Сучасний рівень розвитку суспільства ставить високі вимоги до рівня якості та функціональних характеристик будівельних об'єктів, а також до рівня компетентності працівників, які створюють ці об'єкти.

Навчальна дисципліна "Вступ до будівельної справи" є першим кроком на шляху до висококваліфікованого інженера-будівельника. Її основним завданням є надання здобувачам освіти розгорнутого уявлення про будівельну галузь, її історію, сучасний стан і перспективи розвитку, а також про можливі напрямки діяльності інженера-будівельника. Для цього студенти знайомляться з історією розвитку будівництва, сучасними можливостями та останніми досягненнями будівельної науки і технологій. Поряд із загальною ерудованістю в галузі будівництва, здобувачі освіти засвоюють базові поняття, необхідні для успішного вивчення дисциплін циклу професійної підготовки: основи будівельної термінології, поняття про будівельні матеріали, вироби, конструкції та частини будівель, сучасні будівельні технології та досягнення. Це дозволить здобувачам освітнього ступеню "бакалавр" оволодіти необхідними професійними компетенціями, успішно працювати в галузі будівництва та цивільної інженерії й стати конкурентоспроможним фахівцем на ринку праці.

Виклад навчального матеріалу супроводжується ілюстрованими прикладами відомих будівель та споруд, стислою інформацією про сучасні будівельні матеріали, вироби, конструкції та технології. Ілюстрації, для яких не наведені конкретні посилання на їх походження, запозичені з відкритих інтернет-джерел. В мережі Internet легко знайти більш детальну інформацію про різні аспекти будівельної справи, історію та досягнення в галузі будівництва, яка дозволить розширити кругозір та поглибити знання здобувачів освіти.

## Розділ 1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

### 1.1 Будівництво доісторичних часів

*Соціально-економічні умови* зародження будівництва полягають у погіршенні кліматичних умов унаслідок глобального похолодання та в утвердженні первіснообщинного ладу з переходом до осілого життя для ведення землеробства. Ці процеси відбувалися близько 10 тисяч років до н.е., коли з'явилися перші штучно споруджені житла й поселення. До II тисячоліття до н.е. в основному будувалися житлові приміщення та приміщення для зберігання запасів. Відомі також окремі об'єкти культового призначення, наприклад зображений на рисунку 1.1 Стоунхендж на території Англії.



Рисунок 1.1 – Стоунхендж

*Будівельні матеріали* використовувалися в основному природного походження: ґрунт, природні камені, деревина, крупні кістки та шкіра тварин. Найімовірніше, стіни зводилися із сухої (без розчину) кам'яної кладки з природного каменю та цегли-сирцю, яка виготовлялася із суміші глини з травою.

*Конструктивні схеми* будівель – переважно балкові (за типом балкового покриття землянки, зображеного на рисунку 1.2) та стійково-балкові (защемлені в ґрунті дерев'яні стійки або сирцеві глиняні стіни з обпертими на них дерев'яними балками), конічні, двоскатні або плоскі балкові покриття. Відомі також покриття з послідовними напусками каменів (фальшиве склепіння, показане на рисунку 1.3). Конструкції будівель значною мірою визначалися умовами місця будівництва, зокрема місцевими будівельними матеріалами та кліматом. Використовувалися найпростіші схеми просторової організації приміщень на базі прямокутника й кола. Відоме використання природних печер з обробкою поверхонь та прибудовою стін.

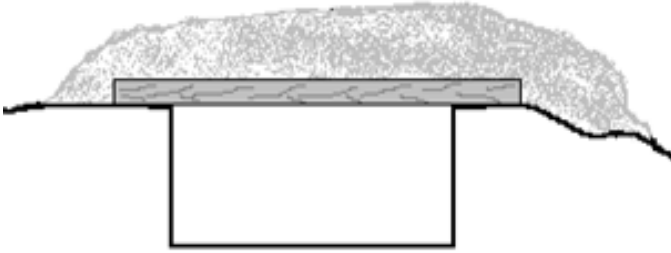


Рисунок 1.2 – Дерев'яне покриття землянки

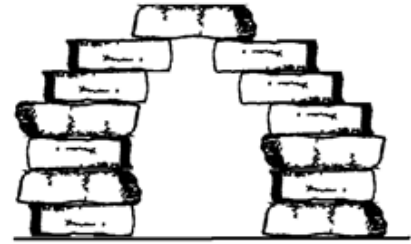


Рисунок 1.3 – Фальшиве склепіння

**Характерні споруди:** намети з каркасом із деревини чи кісток крупних тварин, вкриті шкірами тварин чи гілками; землянки та напівземлянки з покриттям із дерев'яних колод, засипаних ґрунтом; мегалітичні споруди.

Наприкінці періоду існування первісного суспільного ладу почалося комплексне будівництво поселень та зведення фортець зі стінами або ровами та земляними валами. Цікавими прикладами є оселі на палях у Франції, а також показані на рисунку 1.4 глиноплотові будинки Трипільської культури на території України.

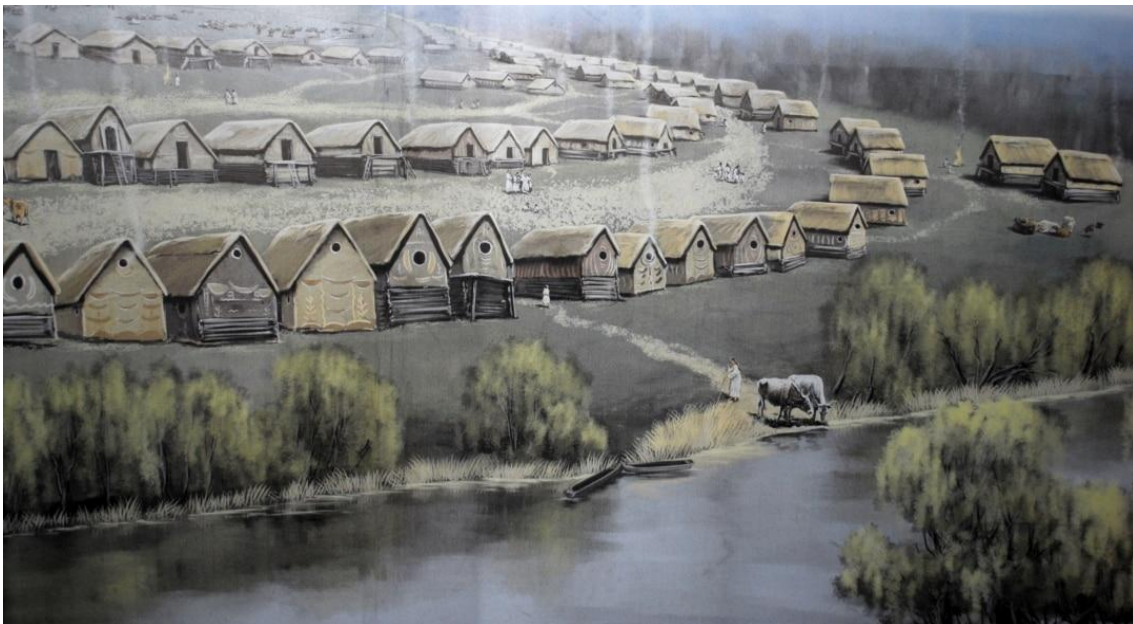


Рисунок 1.4 – Трипільське поселення (реконструкція)

Археологічні дослідження показали, що для трипільської культури характерними були досить великі поселення з будинками довжиною до 20 м. Стіни були глинобитними або виконувалися з плетеного тину, обмазаного глиною. Такі протоміста могли мати кілька тисяч будинків та понад 10 тисяч жителів.

## 1.2 Будівництво древніх цивілізацій

*Провідною соціально-економічною умовою* розвитку будівництва стало формування держав. Цей процес обумовив виникнення нової форми поселення – міст, у яких зосередилося управління, ремісниче виробництво й торгівля. Збільшувалася кількість типів будівель, різниця між якими стала визначатися не лише їх функціями, але й достатком власників. Визначальними факторами для архітектури стають не взаємини людини з природою, а суспільні відносини. Зосередження матеріальних ресурсів, експлуатація великої кількості рабів та розвиток науки й техніки стали підґрунтям для будівництва великих іригаційних споруд, монументальних храмів та палаців, які утверджували могутність влади божества та обожнювання правителів.

Починаючи з III тисячоліття до н.е., зростає потреба в будівництві та якість будівельних об'єктів. Окремі житлові будинки Єгипту, Греції та Риму за плануванням та рівнем комфорту близькі до сучасних котеджів. Вони мають 2...3 поверхи, центральне опалення, каналізацію. Великої популярності набуває будівництво храмових споруд з приміщеннями значних об'ємів. Розвивається міська забудова за достатньо правильними й продуманими планувальними схемами.

*Будівельні матеріали* в основному залишаються природними, але істотно поліпшуються технології обробки деревини та каменю. З'являються близькі до сучасних столярні вироби; високою точністю відрізняється обробка кам'яних блоків єгипетських пірамід та мармурових деталей будівель античної Греції. В країнах з сухим кліматом, відсутністю лісу та природного каменю широко використовується цегла-сирець.

Приблизно в III тисячолітті до н.е. відкрито технологію випалювання кераміки, що стало величезним досягненням не лише в галузі будівництва. Випалена при температурі понад 700°C кераміка має високу міцність та водостійкість і тому є досить надійним і довговічним матеріалом для стін. Використовувалася також керамічна черепиця для покрівель. Окремі споруди з керамічної цегли збереглися протягом 2-3 тисяч років.

У древньому Єгипті відкрито процес випалювання двох повітряних мінеральних в'язучих, які використовуються до цього часу: вапна та гіпсу. При нагріванні крейди чи каменю-вапняку до температури близько 1000°C утворюється негашене вапно, яке при гасінні водою стає в'язучою речовиною, здатною тверднути на повітрі. Це дозволило від сухої кладки чи кладки на глинистому розчині перейти до більш міцної та довговічної

кладки на вапняному розчині. Інше повітряне в'язуче – гіпс – утворюється при нагріванні природного гіпсу (алебастру) до температури понад 160°C. Як і тепер, гіпс застосовувався при оздоблювальних роботах.

**Конструкції** більшості будівель в основному є стійково-балковими, але стіни великих будівель (храми, палаци) часто виконуються у вигляді кладки з обтесаних каменів правильної геометричної форми чи з керамічної цегли. Колони можуть бути як дерев'яними, так і з чисто оброблених кам'яних блоків. Яскравим прикладом є храми древнього Єгипту, колони яких виконані з обтесаного каменю. Покриття виконують по дерев'яних балках, але є приклади використання тесаних кам'яних балок. Обмежені перерізи балок із цільної деревини та незначна міцність каменю при роботі на згин обумовлюють порівняно невеликі прольоти балок та часту сітку колон. У покрівлях монументальних будівель починає використовуватися керамічна черепиця.

**Номенклатура, планування та конструктивні рішення будівель** визначалися природними, соціальними та економічними умовами району будівництва: потребами суспільства та господарчого комплексу, а також наявністю місцевих будівельних матеріалів. Розглянемо стан будівництва у найвідоміших цивілізаціях стародавнього світу.

**Стародавнє Межиріччя (Месопотамія)** є однією з перших великих цивілізацій Стародавнього світу, що зародилася в долині річок Тигр і Євфрат у середині IV тисячоліття до н.е. У різний час тут існували царства Шумеру, Аккаду, Вавилону та Ассирії, економіка яких базувалася на обробі наносних родючих земель, утворених завдяки сезонним розливам рік. У Месопотамії починають будувати великі іригаційні споруди, у тому числі великі котловани, які заповнювалися водою під час повені і таким чином акумулювали запаси води на час посухи. У кінці IV тисячоліття до н.е. починають будуватися шумерські міста з монументальною архітектурою. Відсутність у Месопотамії каменю та дерева змушувала зводити споруди з сирцевої глиняної цегли. Основні монументальні будівлі – палаци та храми – часто розміщувалися на вершині зікрату, тобто багатоступінчастої башти. Таку конструкцію з терас мали легендарні "висячі сади" цариці Семіраміди, зображені на рисунку 1.5. Ця кам'яна будівля складалася із терас, на яких вкладався шар землі, розбивався сад і водопроводом подавалася вода для поливу.



Рисунок 1.5 – Сади Семірамід



Рисунок 1.6 – Піраміди в Гізі

*Єгипет* був однією з найбільш розвинутих країн древності. Сільське господарство зосереджувалося на берегах Нілу, розливи якого приносили мул, що підвищував родючість земель. Засушлива місцевість змушувала будувати розвинені іригаційні системи для використання води з Нілу. Це сприяло розвитку геометрії, механіки, будівництва та архітектури. Знання давньоєгипетської архітектури в основному засноване на вивченні релігійних пам'яток, які збереглися до нашого часу.

В Єгипті був практично відсутній будівельний ліс, що в умовах сухого клімату обумовило широке використання необпаленої цегли-сирцю та природного каменю, зокрема вапняку, піщанику та граніту. Після відкриття кераміки почала використовуватися керамічна цегла. Каміні клалися насухо, без розчину і без штучних в'язей. Зрідка використовувалися дерев'яні скоби у формі хвоста ластівки для зв'язування каменів між собою.

В епоху Стародавнього царства, приблизно з 30-го століття до н.е., будувалися царські гробниці-піраміди, зображені на рисунку 1.6. Найбільша піраміда була збудована в Гізі близько 2560 року до н.е. для фараона Хеопса. Збудована з 2,3 млн великих кам'яних блоків, вона має розміри в плані 233×233 м, висоту 146,6 м і важить близько 7 млн тон.



Рисунок. 1.7 – Оформлення капітелей єгипетських колон

Пізніше почали будувати великі храми з часто встановленими кам'яними колонами. Відомі також скельні та напівскельні храми. З часом розміри храмів зменшувалися, але вони відрізняються більш пишним декором. Приклади художнього оформлення капітелей древньоєгипетських колон показані на рисунку 1.7. Після завоювання Єгипту греками Олександром Македонським у 332 році до н.е. відбувається синтез місцевої художньої культури з традиціями античної Греції. Заснована Олександром нова столиця Єгипту Александрія стає культурним центром античного світу.

На жаль, унаслідок недовговічності матеріалів (в основному цегла-сирець і деревина) практично не збереглися звичайні житлові та господарські будівлі. Тому про архітектуру древнього Єгипту можна судити лише за храмами, які збереглися до наших часів.

*Китайська цивілізація* має історію в п'ять тисяч років. Зберіглося чимало архітектурних споруд, багато з яких вважаються шедеврами світового масштабу. Особливо вирізняються палаци, храми та меморіальні споруди, частина з яких дійшла до нашого часу. Усі вони були строго симетричними, зі входом, зорієнтованим на південь.

У будівництві використовувалося переважно дерево. Типова китайська храмова будівля, показана на рисунку 1.8, стоїть на дерев'яних стовпах, які вгорі з'єднуються балками, тобто має каркасну конструкцію. Стіни заповнювалися цеглою, глиною, бамбуком чи іншими матеріалами і не були несучими. Покрівля виконувалася з черепиці. За рахунок підвищеної деформативності каркасні конструкції таких будівель були стійкими до землетрусів, але в той же час вони були відносно недовговічними та пожежонебезпечними.



Рисунок 1.8 – Храм Неба в Пекіні



Рисунок 1.9 – Великий китайський мур

Кам'яними зазвичай були військові, соціальні та релігійні об'єкти. Найвідомішою фортифікаційною спорудою є Великий китайський мур, який був призначений для захисту кордонів від вторгнень кочових племен. Довжина муру перевищує 6200 км, а з іншими спорудами (укріплені гірські масиви, рови тощо) є набагато більшою. Ширина стіни дозволяла рух гужового транспорту. Фрагмент цієї стіни показаний на рисунку 1.9.

Будівництво муру розпочалося у 7-му столітті до н.е. і в основному закінчилося в кінці 3-го століття до н.е., хоча улаштування окремих секцій тривало аж до 16 століття нашої ери. Спочатку Великий мур головним чином будували із ґрунту, дерева й каміння, а пізніше стали використовувати вапно, камінь та цеглу. У багатьох секціях були збудовані парапети з невеликими отворами, які можна було використовувати як бійниці.

### 1.3 Будівництво в Стародавній Греції

*Соціально-економічні умови та завдання будівництва.* Цивілізація Стародавньої Греції існувала на Балканському півострові від III тисячоліття до н.е. аж до початку Середньовіччя, тобто близько 600-го року нашої ери. Грецьке суспільство розвивалося шляхом об'єднання окремих міст (полісів) та перетворення їх у держави, які з часом трансформувалися в рабовласницькі демократії (наприклад, Афіни) чи монархії (наприклад, Спарта). Виділяють п'ять періодів розвитку культури Стародавньої Греції:

- Егейська культура (3 тис. – 11 ст. до н. е.);
- Гомерівський період (11 – 8 ст. до н. е.);
- Архаїчний період (7 – 6 ст. до н. е.);
- Класичний період (5 – 4 ст. до н. е.);
- Елліністичний період (4 – 1 ст. до н. е.).

Найвищий розквіт, або класичний період V...IV ст. до н.е. характеризується численними суспільно-політичними та культурними досягненнями. У цей період зародилися та поширилися демократичний устрій суспільства, розвинулася медицина, наука й різні технології, архітектура, скульптура, музика, література й театр, історія, спорт (засновані Олімпійські ігри).

Основними об'єктами будівництва були: житло (від будинків бідняків до палаців), храми та храмові комплекси, амфітеатри, комплекси

громадських будівель і споруд (агори), де проводилися зібрання громадян. Відпрацьовані типові архітектурні рішення житлових будинків та храмів, які відповідали потребам суспільства та кліматичним умовам. Розвинута система регулярного планування міст з прямокутною сіткою вулиць та площею – агорою, яка була центром торгового й суспільного життя. Архітектурно-композиційним і культовим ядром міста був храм, який зводився на вершині акрополя, тобто укріпленої частини міста.

Характерним прикладом довершеного архітектурного ансамблю класичної Греції є зображений на рисунку 1.10 Афі́нський акрополь, споруджений у другій половині V століття до н.е. Пагорб Акрополіс висотою 150 м над рівнем моря здавна був фортецею, а пізніше став місцем розташування головних культових споруд Афін. Гармонічність архітектурної композиції Афі́нського Акрополя пояснюється єдністю задуму і коротким терміном будівництва (близько 40 років). Подібні композиційні вирішення центральних частин характерні для переважної більшості древньогрецьких міст. Грецькі міста, палаци й храми були прикрашені численними скульптурами, які в основному виконувалися з мармуру і певна частина яких існують і в наш час.



Рисунок 1.10 – Акрополь в Афінах



Рисунок 1.11 – Амфітеатр в Епідаврї

До цього часу збереглися також амфітеатри, приклад якого показано на рисунку 1.11. Вони зазвичай будувалися на природних схилах, що забезпечувало гарну оглядовість для глядачів за рахунок ухилу зони розміщення глядацьких місць. Амфітеатри вміщували тисячі глядачів, які сиділи на мармурових лавах, та використовувалися для представлення театральних вистав і проведення інших масових заходів. У нижній частині

амфітеатру розміщувалася "скена", де виступали артисти та були приміщення для гримування.

*Найпоширенішими будівельними матеріалами* були природні камені, деревина та кераміка. В основному використовувалася стійково-балкова система, класичний приклад якої можна побачити на фотографії Парфенона (храм в Афінах, зображений на рисунку 1.12). При будівництві храмів використовувалася стійково-балкова система. Колони виконувалися зі старанно оброблених мармурових блоків, змонтованих у декілька ярусів і скріплених від зсуву бронзовими чи дерев'яними штирями, які вставлялися в отвори на торцях блоків. Балки часто також витісувалися з мармуру, що видно з рисунка 1.12. Як і при будівництві єгипетських храмів, порівняно невеликий крок колон обмежувався несучою здатністю дерев'яних чи кам'яних балок при згині.

Було вироблено три основних архітектурних ордери («ордер» грецькою мовою означає «порядок»), які відрізняються конструкцією колон і перекриття, пропорціями та оздобленням. У полісний період виникли доричний та іонічний стилі. Найбільш оздобленим є коринфський ордер, який з'явився в добу еллінізму. Фрагменти доричного, іонічного та коринфського стилів показані на рисунку 1.13. Найбільш простою та лаконічною виглядає капітель колони в доричному ордері, а для коринфського ордеру характерна декоративність з включенням скульптурних орнаментів і барельєфів.



Рисунок 1.12 – Парфенон (сучасний вигляд)



Рисунок 1.13 – Доричний, іонічний та коринфський ордери

Давньогрецька культура істотно вплинула на Римську імперію, яка в свою чергу поширила її елементи територією Європи та Середземномор'я. Досягнення культури класичного періоду, зокрема філософія, досі вважаються основою Західної цивілізації.

## 1.4 Архітектура й будівельні технології Стародавнього Риму

**Соціально-економічні умови.** Стародавній Рим – одна з античних цивілізацій, початково розташована на Апеннінському півострові (територія сучасної Італії). Римська держава заснована приблизно у 8 столітті до н. е. на річці Тибр у формі етрусського царства. У кінці 6 століття до н.е. утворилася рабовласницька Римська республіка, яка управлялася консулами, Сенатом та іншими виборними посадовими особами. Зростання територій у результаті завоювань призвело до утворення Римської імперії приблизно у 1 столітті до н.е.. В період найбільшого розквіту в 2 столітті н.е. провінції Римської імперії охоплювали практично всю Західну Європу від Британії до узбережжя Середземного моря, від сучасної Португалії до Туреччини, а також середземноморське узбережжя Африки, що відображено на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 – Провінції Римської імперії      Рисунок 1.15 – Фрагмент римської дороги

Величезна територія змушувала будувати міцні бруковані дороги, частина яких існують до цього часу. Збережений фрагмент такої дороги під аркою Траяна в Анталії (Туреччина) показаний на рисунку 1.15. Широка дорожня мережа на всій території Імперії спочатку будувалася для швидкого переміщення римських легіонів, але вона також мала величезне економічне значення й тому істотно зміцнила римський вплив на тогочасний світ. Римський уряд будував мости у необхідних місцях, утримував дорожні станції та запровадив систему зміни коней для кур'єрів. Дороги затвердили роль Риму як перехрестя торговельних шляхів, звідси пішов відомий вислів «Усі дороги ведуть до Риму».

У 3...4 століттях нашої ери Римська імперія розділилася на східну та західну частини. Західна Римська імперія постійно потерпала від нападів варварів, у результаті яких у 476 р. була остаточно завойована германцями. Столицею Східної Римської імперії стала Візантія, згодом перейменована на Константинополь (сучасний Стамбул). Східна Римська імперія припинила своє існування і розділилася на держави-наступниці після завоювання турками-османами у 1453 р.

Давньоримська економіка була в основному сфокусована на землеробстві та торгівлі. Значно меншим було промислове виробництво, значною мірою зорієнтоване на видобування каменю та виробництво кераміки, як основних будівельних матеріалів. Мануфактурне виробництво в основному складалося з майстерень та невеликих факторій, де працювало до кількох десятків працівників. Загалом римська економіка базувалася на використанні рабської праці. Існували три основні категорії жителів: патриції, плебеї та раби.

**Науково-технічні досягнення.** Стародавній Рим зробив великий внесок у західноєвропейську цивілізацію. Досить відмітити військову справу, право, мистецтво, архітектуру, технології. Він залишив у спадщину римське право, класичні архітектурні форми, технічні й технологічні рішення. Значна частина інновацій у галузі будівництва були розвитком більш ранніх давньогрецьких винаходів. На жаль, багато римських винаходів були втрачені у Середні віки та відроджені тільки у XIX-XX ст.

Величезна територія Римської імперії та віддаленість провінцій спонукала до будівництва доріг та міст – столиць провінцій. Значну частину римської технологічної спадщини складає також інженерна справа та військова техніка. Розвиток цих галузей обумовив спорудження сотень акведуків, доріг і мостів, термів, театрів та арен. Такі визначні споруди як Колізей, Пантеон, акведук Пон-дю-Гар та багато інших досі є доказами великих досягнень римської культури та інженерної справи.

**Римська архітектура** істотно розвинулася в часи Римської республіки та імперії. У цей час збудовані більшість вцілілих будівель і споруд. У наш час римська архітектура разом з давньогрецькою сприймається як «класична архітектура». При істотних відмінностях, Римська архітектура значною мірою наслідує грецьку. За винятком композитного й тосканського ордерів колон, арки та куполу, Рим до часів республіки мав небагато нових архітектурних рішень, але зробив значні інженерні інновації.

У будівництво впроваджені *нові матеріали*, у тому числі бетон, та нові *конструктивні форми* – арки й куполи. Це дозволило створити міцні й надійні будівлі та споруди, багато з яких збереглися до наших днів, а деякі навіть досі використовуються по всій колишній території Римської імперії. З 4-го століття н.е. римська архітектура трансформувалася в архітектуру Візантійської імперії та впливала на будівництво протягом багатьох наступних століть. Починаючи з другого тисячоліття нашої ери, західноєвропейський стиль отримав назву романської архітектури для підкреслення його залежності від базових римських форм.

У I столітті до н. е. римляни починають широко використовувати бетон, який винайшли наприкінці III століття до н. е. Міцна цементна суміш на основі пуцолану (вулканічного попелу) значною мірою витіснила мармур та зробила можливими багато нових архітектурних рішень і конструктивних схем. Особливо слід відмітити широке упровадження аркових конструкцій, які працюють переважно на стиск і таким чином ефективно використовують високу міцність бетону, кам'яної та цегляної кладки при стиску. Класичним прикладом аркової конструкції є зображений на рисунку 1.16 акведук (водопровід) Пон-дю-Гар у Франції, збудований у 19 р. до н.е. на півдні сучасної Франції. Акведук має загальну довжину 275 м і висоту 48 м. Аркові конструкції використовувалися також у перекриттях будівель, прикладом чого може слугувати зображений на рисунку 1.17 Колізей – арена в Римі, побудована у 80 році нашої ери і розрахована приблизно на 50,000 глядачів. Він має форму еліпса розміром 188×156 м, висота стін сягає 50 м.

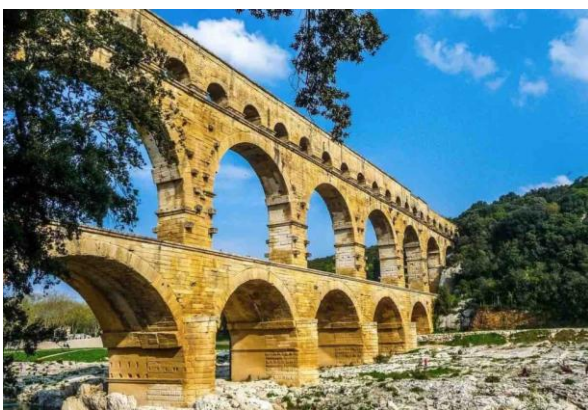


Рисунок 1.16 – Акведук Пон-дю-Гар



Рисунок 1.17 – Колізей у Римі

Аркові та купольні системи широко використовувалися також при зведенні храмів, що дозволяло перекривати досить великі об'єми. Так

наприклад, зображений на рисунку 1.18 Пантеон (храм усіх богів у Римі), будівництво якого завершене у 126 році нашої ери, має бетонне купольне покриття прольотом 43 м та висотою 43,3 м та. З показаного на рис. 1.18 розрізу видно, що купол має ребристу конструкцію, що дозволило істотно зменшити його вагу.



Рисунок 1.18 – Пантеон (храм усіх богів) у Римі

Римляни також добилися значного прогресу в поліпшенні санітарних умов за рахунок ефективного інженерного обладнання будівель. Наприклад, римські терми (публічні лазні) використовувалися не лише для гігієнічних, але й для соціальних потреб. Значна частина римських осель мали водопровід і зливні туалети, підключені до комплексної системи каналізації (клоак, які зливали відходи до Тибру). На жаль, використання свинцевих водопровідних труб призвело до поширення отруєнь свинцем. Для зрошення полів і постачання води до міст будувалися акведуки. Більшість з них є підземними. Невеликі відрізки на поверхні зазвичай підтримувалися арками. Зокрема, вода до міста Рим надходила по 11 акведуках загальною довжиною 350 км.

Наприкінці 1 століття до н.е. в Римі розвивається виготовлення скла, широко упроваджуються мозаїки як елемент декору та поліпшення санітарних умов. У заможних будинках влаштовувався гіпокауст, тобто система централізованого опалювання, у якій тепле повітря зі спеціальної печі проходило через канали в підлозі та в стінах.

До часів стародавнього Риму відносяться також перші *наукові праці* в галузі будівництва. У I столітті до н. е. Вітрувій написав відомий трактат про архітектуру, у якому викладені основи планування й проєктування будівель і споруд різного призначення, вимоги до будівельних матеріалів, їх виготовлення й використання, а також деякі відомості щодо будівельних конструкцій і технологій.

## 1.5 Будівництво в Середні віки та в епоху Відродження

**Соціально-економічні умови.** Під Середньовіччям розуміють період європейської історії від занепаду Римської імперії у V столітті до епохи Відродження (кінець XV століття – початок XVI століття). У цей час рабовласницький лад змінюється феодальним. На розвалинах Західної Римської імперії виникли великі та малі монархічні держави. Основою економіки було сільське господарство. Землі, які спочатку належали королю, він надавав своїм васалам, тобто феодалам, що служили в його війську. Бажання феодалів розширити свої володіння призводили до практично безперервних війн. Королівська влада слабшала, і це вело до роздрібненості держав. Внаслідок феодальної роздрібненості держав поряд з житловою та громадською забудовою міст стало актуальним будівництво оборонних споруд та укріплених замків.

**Стиль західноєвропейської архітектури X – XII століття** називають «романським». Цей стиль виник з монументальної кам'яної архітектури, бо на відміну від дерев'яних "варварських", усі кам'яні споруди називали римськими. На формування нового стилю вплинули не лише рівень будівельної техніки того часу, але й реалії політичного життя, зокрема провідна роль церкви, зміцнення феодальних землеволодінь та безперервні війни.

**Будівельні матеріали** залишаються в основному тими самими, що і в античні часи: природний камінь, цегла й черепиця, деревина. Конструктивні схеми переважної більшості будівель залишаються стійково-балковими, але використовуються також склепіння з кам'яної та цегляної кладки, великі прольоти культових споруд перекриваються куполами, для сприйняття розпірних зусиль використовують потужні контрфорси чи залізні зтяжки. У результаті впливу вказаних факторів будівлі мають масивний вигляд, притаманний оборонним спорудам.

**Найхарактерніші типи споруд** романської архітектури – замок, тобто укріплене житло феодала, монастир та храм, які мають оборонний характер. Приклади таких будівель зображені на рисунках 1.19 та 1.20. Класичним плануванням романського храму є римська базиліка (в перекладі – «царський будинок»), яка представляє собою велике прямокутне приміщення, розділене рядами опор на декілька нефів. Стіни були масивними, вікна – вузькими й розташовуваними високо над землею. Спочатку дахи виконували з дерева, але часті пожежі змусили перейти до кам'яних склепінь. Додаткові опори допомагали перекривати великі площі.

Конструкція та планування будівель відображаються у їх зовнішньому вигляді. Приміщення храмів були прикрашені скульптурою і фресками.



Рисунок 1.19 – Замок Бодіам  
(Англія)

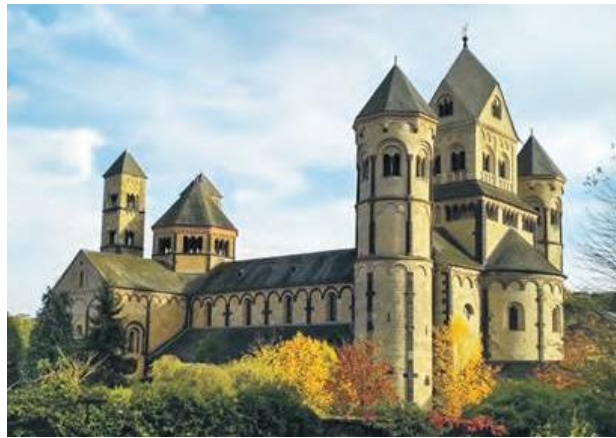


Рисунок 1.20 – Абатство Марії Лаах  
(Німеччина)

Характерними будівлями середньовіччя є лицарські замки, приклад якого показаний на рисунку 1.19. Первісно це була дерев'яна вежа-донжон, розділена на декілька поверхів. Донжон був захищений земляним валом, огорожею і ровом. Замки зводили у стратегічно важливих місцях, які панували над ландшафтом: скелю, край обриву, гору чи острів. З переходом до кам'яного будівництва замки перетворилися в досить складні оборонні комплекси. Головним принципом їхнього устрою стало створення послідовних перешкод для завойовників. Через рів, який часто заповнювався водою, до замку можна було потрапити тільки по розвідному мосту. Основою укріплень були декілька рядів зубчатих мурованих стін з вежами. На підвір'ї замку влаштовували колодязь або створювали великий запас води на випадок облоги. На окремому дворі зводили будинок власника замку, церкву або каплицю, арсенал та господарські приміщення.

На жаль, в епоху Середньовіччя були втрачені римські досягнення в галузі інженерних систем: опалення, водопостачання та водовідведення. Це відноситься як до окремих будівель, так і до міст в цілому. Припинено будівництво доріг та акведуків, яке було розвиненим в Римській імперії, громадських будівель типу лазень, театрів тощо.

У XII—XV ст. унаслідок зростання величини міст, появи нових ознак духовного життя та побутового устрою, а також технічного прогресу виник новий стиль архітектури – «готика». Цей термін почали вживати в епоху Відродження.

Головною візуальною особливістю готичної архітектури є спрямованість будівлі угору. Готичні собори справляють відчуття легкості при великій висоті. Такий ефект досягається широким використанням стрілчастих склепінь, башт, вікон та дверних прорізів. У романських будівлях на стіни спиралося напівкругле кам'яне склепіння даху, що створювало великі горизонтальні розпірні навантаження. Щоб витримати ці навантаження, стіни мали бути масивними. В готичній споруді з'явився каркас з високими стрільчастими арками та склепіннями, які дають менший горизонтальний розпір на стіни. Це дозволяє зробити стіни тоншими, насичувати їх прикрасами, влаштовувати великі й високі вікна.

Найяскравішими готичними пам'ятниками архітектури є ратуші та собори, приклади яких наведені на рисунках 1.21 та 1.22. У ратуші концентрувалася ділова, практична частина управління містом. Собор був центром суспільного життя. Крім проведення богослужінь тут читали лекції, проводили диспути, укладали особливо важливі договори, які засвідчували служителі церкви. Собори й ратуші будували за гроші міських комун і вони ставали свого роду символами міста. У готичних соборах влаштовували величезні вітражі, багато вікон зі складними рамами, переходи, галереї, вежі та скульптури.



Рисунок 1.21 – Празька ратуша



Рисунок 1.22 – Собор Паризької богоматері

*Східна Римська імперія*, на відміну від Західної, зберегла свою державність і єдність. Протягом усього середньовіччя Візантія залишалася великою і впливовою державою, яка продовжувала античні традиції. Історія Візантії перервалася у 1453 р. після завоювання турками-османами.

Найвідомішими будівельними об'єктами Візантії є храми, для яких вироблені особливі архітектурно-планувальні та конструктивні рішення. На відміну від Риму, де куполи використовувалися на круглому плані, у Візантії розроблена центрально-купольна, або хрестово-купольна система, яка дозволяла встановлювати куполи на прямокутний план, як це показано на рисунку 1.23. Головна особливість полягає у використанні для покриття середньої частини будівлі купола, поставленого на квадратну основу через так звані вітрила. Нижні кінці вітрил спираються на чотири масивні колони, які й передають навантаження від купола на фундаменти. Пізніше між вітрилами та куполом почали встановлювати барабан циліндричної форми, який піднімав купол на більшу висоту, роблячи храм вищим.

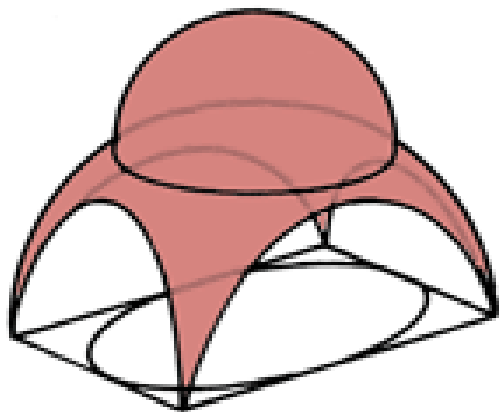


Рисунок 1.23 – Хрестово-купольна система покрівлі



Рисунок 1.24 – Церква Святої Ірини в Стамбулі

У плані храми склалися з п'яти квадратів, які утворювали грецький рівнокіничний хрест. Над середнім квадратом зводився купол, бічні квадрати були нижчими і об'єднувалися з центральним простором, утворюючи прибудовані ніші. Часом ці бічні приміщення також покривалися нижчими куполами. Простори між чотирма кінцями хреста могли заповнюватися ще нижчими прибудовами.

Будівля храму зазвичай мала два яруси високих вікон з заокругленим верхом. Вікна іноді групувалися попарно або по три, відділялися одне від одного невеликою колоною, а група вікон була обрамлена фальшивою аркою. Крім вікон у стінах, для освітлення будівлі служили вікна в основі або в барабані купола, що можна побачити на рисунку 1.24.

Інтер'єри храмів не відрізнялися складністю архітектурних деталей, але його стіни облицьовувалися знизу дорогими сортами мармуру, а верхні частини стін та склепіння прикрашалися позолотою, мозаїчними зображеннями на золотому тлі або фресковим живописом.

Класичним зразком візантійського храму-базиліки є відомий пам'ятник візантійської архітектури – Храм Святої Софії, показаний на рисунку 1.25. Храм споруджений у Константинополі (зараз – Стамбул) в першій половині VI століття. У плані собор представляє собою чотирикутник розмірами 75,6×68,4 м. Центральна частина храму покрита досить плоским куполом діаметром 30 м, вершина якого піднімається на 51 м від підлоги. Купол обпирається на чотири масивні стовпи, які обмежують центр собору. Після утворення османської держави храм перетворений в мечеть, до нього прибудовані мінарети та змінено оздоблення інтер'єру, що й видно на рисунку 1.25.



Рисунок 1.25 – Сучасний зовнішній вигляд та інтер'єр храму Святої Софії в Стамбулі

Хрестово-купольні храми мали дуже масивні стіни товщиною 1,2...1,4 м, а в місцях сприйняття розпору склепінь товщина стін зростала до 1,8 м. Стіни й склепіння світлових барабанів мають набагато меншу товщину, рівну 0,5...0,8 м. Площі вікон та дверних прорізів могли не перевищувати 2-3% площі зовнішніх конструкцій стін.

Храми будувалися з плінфи, тобто плоскої керамічної цегли розмірами приблизно 40×30×3 см. Кладка виконувалася на цем'янці, тобто вапняному розчині з додаванням керамічної крихти. Товщина швів була близькою до товщини плінфи. Вкладання плінфи з утопленим рядом, який заглиблювався в кладку та закривався цем'янкою, надавало стінам храму характерного смугастого вигляду.

Наприкінці X століття хрестово-купольна схема стала основним типом візантійського храму, який і був переданий до Київської Русі. Саме Візантійська архітектура стала основою храмової архітектури Київської Русі, з якої вона поширювалася далі на північ.

**Епоха Відродження** охоплює період від кінця Середньовіччя до початку Нового часу, тобто XV – XVII століття. Середньовічний релігійний фанатизм замінює світська культура. Завдяки візантійцям відроджується інтерес до вже забутої античної культури. Після падіння Візантії вони перебралися в різні європейські держави, де поширювали свої бібліотеки з античних джерел. У містах з'явилися наукові та культурні центри, незалежні від церкви. По суті, епоха Відродження є переходом від феодального до буржуазного суспільного устрою. У цей час формуються національні держави, між якими починає розвиватися торгівля та встановлюються дипломатичні відносини.

Архітектурні стилі Відродження починають формуватися в Італії та розповсюджуються на всю Європу. Споруджуються визначні культові споруди, такі як зображений на рисунку 1.22 собор Паризької богоматері, собор Святого Петра в Римі (рисунок 1.26) та інші. Прольоти визначних храмів досягають 40 м, а висота перевищує 100 м. Приділяється також значна увага питанням міської забудови. Наприклад, собор Святого Петра замикає круглу площу, обрамлену колонадою, показану на рисунку 1.26.



Рисунок 1.26 – Собор Святого Петра у Ватикані

**Будівельні матеріали** залишаються в основному тими самими, що і в античні часи: дерева, цегла та природний камінь різних видів, вапняні розчини для кладки й штукатурки. Залізо починає використовуватися в якості окремих конструктивних елементів, таких як затяжки цегляних чи кам'яних склепінь.

Конструктивні схеми багатьох будівель залишаються стійково-балковими, але широко використовуються також склепіння з кам'яної та цегляної кладки. Великі прольоти культових споруд перекриваються куполами, для сприйняття розпірних зусиль використовують потужні контрфорси чи залізні затяжки. Розпочинаються перші спроби наукового дослідження властивостей матеріалів та роботи конструкцій з метою їх розрахунку (Галілей, Леонардо да Вінчі).

Окрім будівництва культових споруд, розгортається житлове будівництво з цегли та каменю, зводяться громадські будівлі (ратуші та інші адміністративні будівлі), палаци та палацово-паркові комплекси, характерними прикладами яких є Лувр, Версаль (рисунок 1.27) чи Палац Дожів у Венеції (рисунок 1.28).



Рисунок 1.27 – Версаль (Франція)



Рисунок 1.28 – Палац Дожів (Венеція)

В архітектурі з'являються ускладнені деталі, вигини та заломлення, багато колон, напівколон і пілястр, а також вигадлива орнаментация. Реалізується більш вільне просторове компонування будівель. Розвинувся стиль бароко, з якого в XVIII столітті зародився стиль рококо. Будівлі мають незвично вільні форми та стають багато декорованими. Це відноситься як до внутрішнього оздоблення з фресками, позолотою, картинами, скульптурами й барельєфами, так і до опорядження фасадів, для яких стає характерною значна кількість скульптурних елементів. Основоположником цих напрямів архітектури вважають Мікеланджело, для творчості якого характерна тенденція до більш вільної інтерпретації принципів античного мистецтва.

## 1.6 Давньоруська та давньо-київська архітектура

Відомості про *будівництво до початку епохи Київської Русі*, яка існувала протягом 9...13 століть, є вкрай нечисленними. Розкопками встановлено, що споруджувалося житло у формі напівземлянок за зразком рисунка 1.29 та хат-мазанок зі стінами з тину, обмазаного глиною, та покрівлею з соломи чи очерету. В лісистих районах велося будівництво з деревини, яке набуло великого розвитку в епоху Київської Русі та у більш пізні часи. Розроблені досить складні конструктивні системи, зокрема зруби та каркасні конструкції будівель, з'єднання елементів на врубках, гонтові покрівлі. Зрубна та каркасна конструктивні системи будівель існували протягом багатьох століть і майже без змін дійшли до нашого часу. Використовувалися декоративне різьблення та розпис. Ранні пам'ятки дерев'яного зодчества практично не збереглися унаслідок пожеж та малої довговічності деревини, не захищеної від впливів атмосфери.

*Дерев'яні споруди в містах Київської Русі.* Археологічні дослідження міст Київської Русі виявили численні залишки зрубних будівель, а також конструктивні деталі (карнизи, наличники, коньки, колони, одвірки тощо), які вказують на багатий архітектурний декор житлових будівель давніх русичів (X —XIII ст.). Будинки заможних жителів називалися «хоромами» та склалися з кількох зрубів, що утворювали цілісний комплекс приміщень, зразок якого показаний на рисунку 1.30. Князівсько-боярські та купецькі хороми зазвичай мали два-три поверхи. Житлом бідноти були однозрубні будинки площею до 20 м<sup>2</sup>. На півдні Русі, де було менше лісів і більш м'який клімат, житлові будівлі переважно зводились у формі каркасно-стовпової конструкції, що обмазувалася глиною і білилася подібно до української хати.

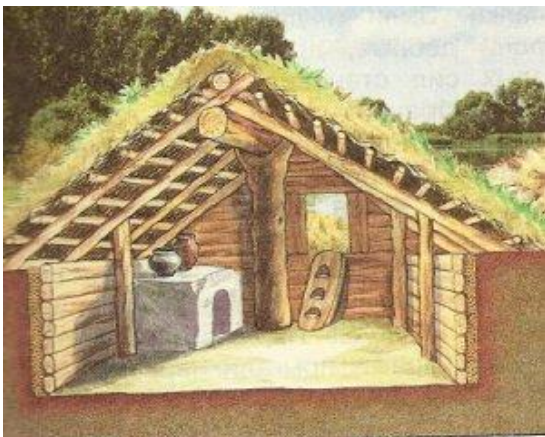


Рисунок 1.29 – Напівземлянка



Рисунок 1.30 – Княжий двір з хоромами

Із дерева зводились також церкви, які значною мірою формували архітектурні силуети міст. Відомо, що дерев'яними були перші Софійські собори у Києві й Новгороді, а також церкви часів князя Володимира Святославича та усі сільські храми. Церкви, приклад якої з більш пізніх часів зображено на рисунку 1.31, мали досить складні форми та багатий різьблений декор. В лісистих районах Карпат традиції дерев'яної архітектури збереглися до більш пізніх часів, як у храмовій архітектурі, так і в будівництві житла.



Рисунок 1.31 – Церква Святого Юра в Дрогобичі, збудована у другій половині 17 ст.

Переважно дерево-земляними були укріплення давньоруських міст у вигляді клітей, заборол і башти, приклад яких показано на рисунку 1.32. Яскравим зразком дерев'яної оборонної споруди з кам'яними елементами є Золоті ворота, які були зведені орієнтовно у 1017...1024 роках і були центральним в'їздом до Києва. Тут були подвійні оборонні рови, а також викладена з плинфи башта із в'їздом та надбрамною церквою. Показану на рисунку 1.33 реконструкцію Золотих воріт можна побачити й зараз на вулиці Володимирській у Києві.



Рисунок 1.32 – Дерев'яні оборонні башти



Рисунок 1.33 – Золоті ворота в Києві

**Монуменальна кам'яна архітектура** виникла унаслідок прийняття християнства та контактів з візантійською культурою. Перші кам'яні будівлі Русі зводилися під керівництвом візантійських зодчих. У кінці X й на початку XI століття в Києві були побудовані два двоповерхові кам'яні палаци розмірами 45×11 м зі службовими приміщеннями на нижньому поверсі і житловими на верхньому, а також кам'яна Десятинна церква, зображена на рисунку 1.34. Вона мала вигляд хрестово-купольного візантійського храму зі стінами з каменю та плінфи й перекриттями у вигляді склепінь з центральним куполом. В інтер'єрі храму використані кам'яні архітектурні деталі та мармурові колони. Пізніше в Києві зведене так зване "Місто Ярослава", центром якого став зображений на рисунку 1.35 Софійський собор. Його будівництво було завершено у 1037 році. Софія Київська – хрестово-купольна п'ятинефова споруда з 13-ма куполами-банями. Стіни виконані з каменю та плінфи. Внутрішнє оздоблення – мозаїки та фрески на стінах, стовпах, склепіннях та відкосах віконних прорізів.

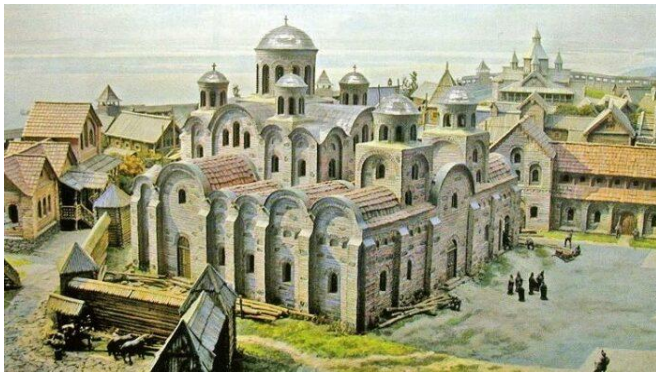


Рисунок 1.34 – Десятинна церква Пречистої Богородиці у Києві

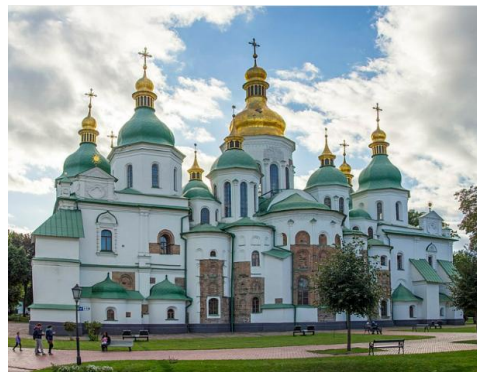


Рисунок 1.35 – Софійський собор у Києві

У першій половині XI століття монументальне будівництво велося також в інших містах Київської Русі. За прикладом Софії Київської в Полоцьку і Новгороді, у 1045...1050 роках зводяться однойменні собори; у Чернігові – єпископський Спаський собор, архітектура якого близька до Десятинної церкви. У другій половині XI століття засновуються монастирі з новими кам'яними храмами. У Києві зведені собори Михайлівського Видубицького, Дмитрівського (пізніше Михайлівського Золотоверхого), Печорського та Кловського монастирів. Вплив київського архітектурного стилю помітний в князівсько-монастирських храмах XII століття інших міст Київської Русі, хоча монументальні споруди Галичини повністю зведені із світло-сірого вапняку.

## 1.7 Будівництво періоду розвитку капіталізму

*Соціально-економічні умови* розвитку будівництва в період 18-19 століть визначалися процесом переходу від феодалізму до капіталізму. Цей перехід обумовила перша науково-технічна революція XV–XVII століть, яка створила наукові основи математики, механіки, медицини та інших наук. Це забезпечило значний розвиток продуктивних сил і промислового виробництва. Друга науково-технічна революція XIX століття характеризується прогресом хімії, фізики та біології. Вплив науки проявився в появі нових галузей виробництва.

У цей період розвиток науки та промисловості обумовив структурні зміни в будівництві. Виникла необхідність поряд з житловою забудовою та громадськими будівлями споруджувати промислові об'єкти, розвивається транспортне будівництво, зокрема таких складних і відповідальних споруд як мости. Це у свою чергу викликало необхідність розроблення й застосування нових будівельних технологій, матеріалів, конструктивних форм, а також удосконалення методів проєктування.

Зростають обсяги використання *будівельних матеріалів штучного походження*. Завдяки розробленню мартенівського та бесемерівського процесів, а також технологій прокатки та механізованого клепання широко впроваджуються сталеві конструкції. Відкрита технологія виробництва портланд-цементу, для чого суміш з 75% вапняку і 25% глини випалюється при 1450°C, після чого отриманий таким чином клінкер розмелюється до порошкоподібного стану. Використовуються цементні бетони, які мають високу міцність. Монье запатентував залізобетон, який може добре працювати на згин завдяки арматурі, що сприймає зусилля розтягу.

*Конструктивні схеми* будівель і споруд стають більш доскональшими й різноманітними. Хороша робота металевих та залізобетонних конструкцій на згин дозволяє впроваджувати рамні системи, більш економічні порівняно зі стійково-балковими. З'являються легкі й економічні металеві арки в мостах і великопролітних покриттях. Застосовуються висячі конструкції мостів і покриттів, у яких ефективно використовується робота сталі на розтяг.

*Характерні споруди* цього періоду – багатоповерхові житлові та громадські будівлі, промислові цехи, обладнані мостовими й підвісними кранами, спеціальні промислові споруди різного призначення, мости, висотні споруди. Зводяться перші висотні будинки, розвиваються залізобетонні та металеві конструкції.

Першим хмарочосом, тобто висотною будівлею з утилітарним призначенням, вважають зображений на рисунку 1.36 будинок страхової компанії в Чикаго, який у 1885 році мав 10 поверхів та висоту 42 м, а в 1891 році збільшений до 55 м за рахунок надбудови двох поверхів. При порівняно невеликій висоті ця будівля мала усі ознаки сучасних хмарочосів: металевий каркас, ліфт, розвинуті протипожежні та інші інженерні системи.



Рисунок 1.36 – Перший хмарочос страхової компанії в Чикаго

Зразком подальшого розвитку висотних будівель є зображений на рисунку 1.37 Емпайр-Стейт-Білдінг в Нью-Йорку. Цей класичний хмарочос, збудований у 1931 році, має 102 поверхи та висоту 381 м (448 м з антеною). Несуча конструкція представляє собою сталевий

каркас, будівля обладнана

повним комплексом інженерних систем.



Рисунок 1.37 – Емпайр-Стейт-Білдінг у Нью-Йорку



Рисунок 1.38 – Вежа Ейфеля в Парижі

У якості прикладу висотної споруди можна також вказати на зображену на рисунку 1.38 вежу Ейфеля в Парижі, висота якої становить 300 м, а загальна маса металевих конструкцій – понад 7000 тон. Башта була споруджена до Всесвітньої виставки 1889 року з метою демонстрації досягнень техніки і початково не мала іншого функціонального призначення окрім наявності оглядового майданчика та ресторану на висоті близько 150 м. Тепер на вежі розміщене антенне обладнання та метеорологічні прилади.

Важливими будівельними об'єктами стали також мости, які зводилися зі сталі та залізобетону для забезпечення автомобільного й залізничного руху та могли мати великі прольоти. Наприклад, зображений на рисунку 1.39 Бруклінський міст у Нью-Йорку має загальну довжину 1885 м та основний проліт 486 м, піднятий над водою на 41 м. Несуча конструкція – висяча із сталевих тросів. Міст почали будувати у 1870 році та відкрили в 1883 році.



Рисунок 1.39 – Бруклінський міст у Нью-Йорку

В архітектурі зароджуються стилі еkleктики (змішування різних стилів), модернізму та функціоналізму. Останні відкидають деталі оздоблення, спрощують форми, підкреслюють функціональне призначення та конструктивну схему будівлі.

## 1.8 Українська архітектура XVIII – початку XX століття

Після звільнення від монголо-татарського панування значна увага приділялася містобудуванню, плануванню, захисту й обладнанню міст. Мостилися вулиці, зводилися кам'яні житлові будівлі, собори, ратуші та інші громадські будівлі. Будувалися оборонні стіни міст, фортеці та замки. Численні пам'ятки такого типу збереглися на західних територіях України, на які сильніше впливав стиль життя та архітектурні стилі європейського Відродження. Яскравими прикладами таких міст можуть служити Львів, Ужгород, Кам'янець Подільський, а також інші тепер вже невеликі містечка, де збереглися старовинні замки, храми, громадські та житлові будівлі. Характерним прикладом громадської будівлі є показана на рисунку 1.40 ратуша в м. Кам'янець-Подільський. Ця будівля була зведена в період з кінця XIV до початку XVI століття, оскільки спершу вона була дерев'яною, а після пожежі відбудована в камені. На рисунку 1.41 показана панорама центральної частини м. Львів з житловою забудовою та декількома храмами, зведеними в різних архітектурних стилях.



Рисунок 1.40 – Ратуша в Кам'янці-Подільському



Рисунок 1.41 – Храми Львова

Житлове будівництво було надзвичайно різноманітним: від сільських хат-мазанок на півдні та дерев'яних зрубів у лісистих районах Карпат до палаців знаті та будинків заможних громадян у містах. На рисунках 1.42 та 1.43 показано палац Потоцьких у центральній частині та забудову ринкової площі Львова. Показаний на рисунку 1.42 палацовий комплекс займає досить велику площу з парком, допоміжними площами та службовими приміщеннями. Досить тісна забудова центральної площі, зображена на рисунку 1.43, обумовлена дороговизною землі в центрі великого міста.



Рисунок 1.42 – Палац Потоцьких у Львові



Рисунок 1.43 – Ринкова площа у Львові

Значна увага приділялася оборонним спорудам у вигляді фортець та захищених феодальних замків. Хотинська фортеця, показана на рисунку 1.44, розташована на високому березі р. Дністер. Замок з рисунка 1.45, розміщений у містечку Олесько неподалік від Львова та призначений для безпечного проживання родини феодала, також має вигляд укріпленої фортеці на високому пагорбі.



Рисунок 1.44 – Хотинська фортеця



Рисунок 1.45 – Олеський замок

З кінця 18-го століття на території України зароджується стиль українського бароко, який характеризується поєднанням європейського бароко з місцевими архітектурними традиціями. Фасади штукатурили та прикрашали ліпниною. У цьому стилі ведеться забудова Києва, Чернігова, Львова та інших міст. Більшість архітектурних пам'яток були зруйновані під час масового знесення храмових споруд радянською владою та під час Другої світової війни. З числа збережених слід відмітити показаний на рисунку 1.46 Маріїнський палац у Києві, зведений за проєктом італійського архітектора Растреллі, інші громадські будівлі, подібні до зображеної на рисунку 1.47 ратуші в м. Бучач Тернопільської області, а також велику кількість православних і католицьких храмів. Частина таких будівель були дерев'яними, що не дозволило їм зберегтись.



Рисунок 1.46 – Маріїнський палац у Києві



Рисунок 1.47 – Ратуша в м. Буча

Наприкінці 18-го століття на території України набуває поширення архітектурний стиль класицизму, який впроваджувався по всій території Російської імперії. Вперше була упроваджена система типового проектування, зокрема створені зразкові проекти губернських будівель. Прикладом може бути ансамбль центральної площі м. Полтави, де навкруги круглої площі розміщені адміністративні будівлі губернського центру, одна з яких показана на рисунку 1.48. У класичному стилі зводилися також церкви, палаці та багаті садиби, які представляли собою архітектурні комплекси з численних будівель та парку.

На території України були присутні також архітектурні стилі романтизму, модерну та неоготики. Розвиток цих стилів значною мірою відбувався під впливом держав, до складу яких входили окремі частини території України: Російської імперії, Австро-Угорщини та Польщі.

У XIX столітті приділяється значна увага забудові міст, зокрема зведенню громадських та адміністративних будівель Києва, Чернігова, Одеси, Полтави, та Херсона в стилі ампір та класицизм. Від середини XIX ст. житлове й громадське



Рисунок 1.48 – Адміністративна будівля у м. Полтава

будівництво в містах характеризується еkleктизмом, тобто мішаниною різних історичних стилів як у різних об'єктах, так і в одній будівлі. Зокрема, міські театри в Києві, Львові, Одесі, а також інші громадські будівлі в українських містах були побудовані в стилі віденського неоренесансу.

Наприкінці ХІХ та на початку ХХ ст. в українській архітектурі відбувається становлення стилю модерн. У цьому стилі збудовано перший в Україні Бесарабський критий ринок у Києві (арх. Г. Гай), міська залізнична станція (арх. О. Вербицький), власний будинок знаменитого



Рисунок 1.49 – Полтавський краєзнавчий музей

київського архітектора В. Городецького. Одним з прикладів може служити показаний на рисунку 1.49 будинок Полтавського губернського земства, зведений на початку ХХ століття архітектором Василем Кричевським у стилі українського модерну. Фасади та інтер'єри будинку облицьовані й прикрашені керамічними плитками й барельєфами виробництва Опішнянських і Миргородських майстрів. Зараз у цьому будинку працює Полтавський краєзнавчий музей.

На початку ХХ століття будуються залізничні вокзали, офіси акціонерних товариств, банки, великі магазини і багатоповерхові житлові будинки. Починають будуватися морські порти в Одесі, Миколаєві, Херсоні, Маріуполі. Серед відомих архітекторів слід відмітити Жукова (шкільні будинки на Харківщині), Мощенка на Полтавщині, а в Галичині – Івана та Льва Левинських, Олександра Лушпинського, Василя Нагірного, Романа Грицяя.

Народна архітектура в основному орієнтувалася на будівництво житла та храмів. Архітектурні форми та планувальні рішення досить сильно залежали від регіону забудови, оскільки вони в основному визначалися кліматичними умовами, особливостями експлуатації будівель, а також вибором доступних будівельних матеріалів. Досить порівняти церкви і сільські житлові будинки степової зони та Карпат, які різночленно відрізняються між собою.

## 1.9 Будівництво ХХ століття

У ХХ столітті в будівництво широко впроваджуються сучасні будівельні матеріали: сталь, залізобетон, клеєна деревина, легкі бетони, пластмаси, скло, ефективні теплоізоляційні матеріали. Тоді ж були розроблені нові технологічні рішення та закладені основи індустріалізації будівництва, коли будівельні матеріали та вироби масово виготовляються на спеціалізованих заводах. Стандартизація будівельної продукції сприяла підвищенню ефективності будівництва. Усе це відкрило нові можливості в архітектурі та спонукало до раціоналізму при створенні архітектурних форм. Упровадження каркасних конструктивних схем будівель дозволило реалізувати ідею вільного планування, яка забезпечила функціональну гнучкість архітектурних об'єктів. Створюється нова типологія будівель і споруд, яка набуває міжнародного характеру.

Ідеї раціоналізму впроваджуються також і в містобудування. Стають популярними принципи функціонального зонування та районного планування населених пунктів. Формуються дві теорії міської забудови. Урбаністична теорія пропагує ідею створення міст-мегаполісів, а дезурбаністична – ідею невеликих міст-садів.

В архітектурі ХХ ст. тривалий час переважала еkleктика, яка являла собою комбінацію елементів різних стилів. Реалізувалося також інші напрямки, зокрема модерн, функціоналізм, хай-тек, деструктивізм, пуризм. Загалом пошук сучасного стилю в архітектурі визначався національними традиціями, орієнтацією на уподобання різних верств населення та особистими поглядами архітекторів.

Одним з домінуючих стилів 20-го століття став модерн. Він мав певні національні варіації, але загалом народився з поєднання двох тенденцій: прагнення архітектора до раціонального використання нових матеріалів (сталь, скло, залізобетон) і до вишуканої декоративності.

Другим вагомим напрямом в архітектурі ХХ століття став функціоналізм, який намагався створити предметно-естетичне середовище, зручне для життєдіяльності людей. Були сформульовані принципи функціоналізму: будинок на стовпах, плоска покрівля з садом, вільне планування інтер'єру та фасаду з горизонтально-протягнутими вікнами.

Зараз немає чітко визначеного одного напрямку в архітектурі. Сучасні архітектори прагнуть використовувати національні й інтернаціональні традиції та створювати "живі портрети сьогодення". Істотний вплив на архітектуру виявляють також нові досягнення науки й техніки.

Розвиток будівництва й архітектури на території України у ХХ столітті значною мірою відображав світові тенденції, скориговані регіональними потребами й вимогами. У 30-ті та 40-ві роки ХХ століття головна увага спрямовувалась на будівництво промислових об'єктів, шкіл, палаців культури тощо. Житлове будівництво сильно відставало навіть в розвинених крупних містах.

За часів другої світової війни було завдано значної шкоди економіці. Були знищені цілком та сильно поруйновані 714 міст, 28 тисяч сіл, понад 2 мільйони будинків. Без житла залишились 10 мільйонів населення України. До закінчення війни контрольована владою відбудова насамперед орієнтувалася на промислові й сільськогосподарські об'єкти. Велика увага в післявоєнний період приділяється сільському житловому будівництву. Налагоджується виробництво місцевих будівельних матеріалів, ведеться реконструкція шкіл, споруджуються будівлі культурного, побутового та медичного обслуговування населення.

У післявоєнні роки з метою збільшення обсягів та здешевлення будівництва активно впроваджувалась стандартизація будівельних виробів і типізація будівель. Значна частина будівель зводилася за типовими проектами, і лише деякі будівлі в історичних центрах міст будувалися за індивідуальними проектами. Типові проекти житлових будинків були п'ятиповерховими, зрідка реалізувалися проекти 9-ти поверхових будинків. У другій половині 1960-х років почали розробляти й реалізовувати проекти більш масштабних споруд. Були покращені наявні серії житлових будинків, які стали переважно дев'ятиповерховими. Їх можна віднести до другого покоління індустріального будівництва. Типізація та спрощення проектів забезпечила істотне зростання обсягів житлового будівництва.

У 60-ті роки основним матеріалом став збірний залізобетон, який упроваджувався в усі сфери будівництва. За рахунок інтенсивного будівництва заводів збірного залізобетону його випуск різко збільшився порівняно з попередніми роками. Програма житлового будівництва реалізувалася завдяки застосуванню крупноблочних і панельних конструкцій житлових будинків, спорудженню житла мікрорайонами з застосуванням методів потокового будівництва. Значна частина будівельних організацій, що вели житлове, комунальне та культурно-побутове будівництво, була передана виконкомам місцевих рад, у складі яких створені головні будівельні управління.

Збірний залізобетон широко використовувався при зведенні житлових і громадських будівель, а також у промисловому будівництві. Це прискорювало і здешевлювало будівництво, але призвело до надмірної типізації та погіршення архітектурно-естетичних параметрів будівель. Окрім того, типові залізобетонні конструкції часом могли бути дорожчими від сталевих чи дерев'яних, але їх використання пояснювалося дефіцитом металу й деревини. Існували навіть спеціальні правила ТП-101 (різних років видання) з економного використання будівельних матеріалів, які істотно обмежували використання деревини та сталі в будівництві. У результаті надмірного використання типових конструкцій із збірного залізобетону нові мікрорайони українських міст ставали архітектурно невиразними та одноманітними.

## Розділ 2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНИЙ СТАН БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 2.1 Історія науково-технічних досягнень у будівництві та суміжних галузях науки й техніки

Істотні досягнення в різних галузях науки й техніки пов'язуються з науково-технічними революціями, які представляють собою якісний стрибок у структурі й динаміці розвитку продуктивних сил, перебудову науково-технічних основ матеріального виробництва на базі перетворення науки в провідний чинник промислового виробництва. Виділяють чотири науково-технічні революції:

- Перша науково-технічна революція XV–XVII століть створила й розвинула наукові основи математики, механіки та інших наук. Це обумовило розвиток продуктивних сил і промислового виробництва та заміну феодальної суспільно-економічної формації капіталістичною.
- Друга науково-технічна революція XIX століття знаменується розвитком хімії, фізики та біології. Вплив науки стимулював розвиток продуктивних сил та появу нових галузей виробництва.
- Третя науково-технічна революція почалася в кінці XIX століття та істотно поглибила вплив науки (фізики, хімії, біології) на розвиток виробничих відносин і виробництва в цілому.
- Четверта науково-технічна революція почалася в середині XX століття та в основному охопила інтелектуальну діяльність в галузях економіки, штучного інтелекту, нових технологій. Розвивається інформатизація суспільства та глобалізація в науці й техніці. Масштабні наукові дослідження ведуться великими інтернаціональними колективами, що можна назвати індустріалізацією науки.

Найвагоміший вплив на розвиток будівельних технологій у XV–XXI століттях безпосередньо чи опосередковано виявили описані нижче наукові досягнення, винаходи та технічні розробки у галузі будівництва та в суміжних галузях науки й техніки, результати яких використовуються будівельною галуззю.

#### ***Розвиток математики, механіки та хімії:***

- Галілео Галілей (1564—1642), вивчаючи проблему руху, відкрив закон вільного падіння тіл, принцип інерції, проводив випробування природних будівельних матеріалів.

- Ісаак Ньютон (1643—1727) створив диференціальне й інтегральне числення для математичного опису фізичних процесів, розробив класичну механіку як систему знань про механічний рух тіл;
- 1866 рік – Альфред Нобель винайшов динаміт;
- 1895 рік – Вільгельм Конрад Рентген відкрив проникаючі промені;
- 1896 рік – Антуан Анрі Беккерель відкрив явище радіоактивності.

### ***Досягнення в машинобудуванні та обробній промисловості***

- 1705 рік – поршневий паровий двигун Томаса Ньюкомена;
- 1769 рік – паровий двигун Джеймса Ватта;
- 1807 рік – пароплав Роберта Фултона;
- 1814 рік – паровоз Джорджа Стефенсона;
- 1826 рік – двигун внутрішнього згоряння Семюеля Морі;
- 1885 рік – перший комерційний автомобіль з бензиновим двигуном Карла Бенца;
- 1897 рік – дизельний двигун Рудольфа Дизеля;
- 1777 рік – Самуель Міллер винайшов циркулярну пилку;
- 1808 рік – Вільям Ньюберрі винайшов стрічкову пилку;
- 1834 рік – Ісаак Фішер запатентував наждачний папір;
- 1852 рік – ліфт Еліша Грейвз Отіса;
- 1871 рік – пневматичний бур Сімона Інгерсола;
- 1890 рік – пневматичний відбійний молоток Чарлза Бреді Кінга;
- 1830–1840 роки – упроваджені прокатні стани, прес для пробивання отворів та пневматичні клепальні молотки, що наблизило сталеві будівельні конструкції до сучасного вигляду.

### ***Розвиток електротехніки:***

- 1800 рік – Алессандро Вольт створив перший гальванічний елемент (вольтів стовп);
- 1803 рік – Василь Володимирович Петров висунув ідею застосування електричної дуги при зварюванні металів;
- 1821...1831 роки – Майкл Фарадей винайшов принцип електродвигуна та електрогенератора;
- 1873 рік – Зеноб Грамм створив сучасний двигун постійного струму;
- 1875 рік – Вільям Ентоні розробив генератор постійного струму;
- 1877 – 1888 роки – Нікола Тесла розробив електричні системи на основі змінного струму;
- 1881 рік – Еліу Томсон запатентував електрозварювальний апарат;

- 1888 рік – Микола Слав'янов розробив метод дугового зварювання металевим плавким електродом;
- 1939 рік – український вчений Є.О. Патон розробив технологію автоматичного зварювання під флюсом, різновиди якої розробляються та удосконалюються по цей день в Інституті електрозварювання імені Патона.

***Розвиток матеріалознавства, металургії, створення нових будівельних матеріалів та конструктивних форм***

- 14-19 століття – доменний спосіб виплавки чавуну;
- 1783 рік – Генрі Корт запатентував і реально сконструював промисловий прокатний стан з валками;
- 1855 рік – виплавка сталі бесемерівським способом;
- 1864 рік – виплавка сталі в мартенівських печах;
- 1824 рік – Джозеф Аспдін винайшов портландцемент;
- 1839 рік – технологія виготовлення гуми шляхом вулканізації каучуку;
- 1860 рік – Фреднік Вальтон винайшов лінолеум;
- 1954 рік – Бакмінстер Фуллер розробив геодезичний купол;
- 2006 рік – самовідновлювані фарби і покриття;
- 2008 рік – динамічна архітектура, запропонована Девідом Фішером;
- 17 – 18 століття – використовуються металеві покрівлі прольотом до 18 м, виконані за схемами дерев'яних конструкцій з кованих брусків кричного заліза та вузловими з'єднаннями на болтах;
- З кінця 19-го століття використовуються сучасні конструктивні форми металевих конструкцій (прокатні та складені клепані балки, колони, ферми та арки);
- Середина 20-го століття –упроваджена технологія електродугового зварювання, яка різко підняла ефективність виготовлення конструкцій, спростила конструктивні форми та знизила металоємність.

***Розроблення теорії розрахунків будівельних конструкцій:***

- Леонардо да Вінчі (1452 – 1519 роки) окрім живопису, ідей в механіці та гідравліці розробляв архітектурні проєкти, зокрема ідею центральнокупольного храму, вивчав опір металів;
- Галілео Галілей (1564 – 1642 роки) проводив випробування будівельних матеріалів (кам'яних консолей на згин);
- Роберт Гук (1635 – 1703 роки) відкрив закон пружності, був архітектором та землеміром, мав розробки в галузі механіки;

- Леонард Ейлер (1707 – 1783 роки) працював у галузі теорії пружності, зокрема над розрахунком балок та розрахунком стійкості при стиску;
- Томас Юнг (1773 – 1829 роки) поряд з лінгвістикою, біологією, астрономією та фізикою займався механікою суцільних середовищ, зокрема обґрунтував поняття модуля пружності при розтягу;
- Луї Марі Анрі Нав'є (1785 – 1836 роки) в 1826 р. опублікував курс лекцій, у якому виклав основи теорії пружності та опору матеріалів, обґрунтував поняття напружень і запропонував встановити допустимі напруження, на які слід вести розрахунки;
- А. Нав'є, О. Коші, Д. Пуассон, Г. Ламі і Е. Клапейрон, представники французької математичної школи у першій половині 18-го століття заклали основи загальної теорії пружності;
- Д.І. Журавський (1821 – 1891 роки) – російський інженер, спеціаліст з мостобудування й будівельної механіки отримав формулу для обчислення дотичних напружень при згині;
- Фелікс Ясінський (1856 – 1899 роки), польський фахівець у галузі будівельної механіки, ввів поняття гнучкості стержня при стиску та узагальнив методи перевірки стійкості;
- О.М. Динник (1876 – 1950 роки) досліджував стійкість стержнів, арок, плит і пластин, міцність шахтних канатів, коливання континуальних систем, заснувавши таким чином вітчизняну школу теорії пружності.

#### ***Досягнення в галузі обчислювальної техніки:***

- 1620 рік – Вільям Отред винайшов логарифмічну лінійку;
- 1642 рік – Блез Паскаль запропонував механічний цифровий лічильний пристрій (арифмометр);
- 1833 рік – Чарлз Беббідж розробив механічний комп'ютер (аналітичну машину);
- 1938 рік – Конрад Цузе (Німеччина) і Д. Атанасов (США) розробили принципи побудови комп'ютера на електричних реле;
- 1946 рік – запрацювала перша електронна обчислювальна машина ENIAC на електронних лампах;
- 1955 рік – в Массачусетському технологічному інституті введена в експлуатацію перша ЕОМ на транзисторах;
- 1957 рік – мова програмування ФОРТРАН;
- 1963 рік – мова програмування BASIC;
- 1964 рік – перша ЕОМ на інтегральних мікросхемах IBM/360;
- 1977 рік – персональний комп'ютер Apple II.

## 2.2 Історія досягнень будівельної науки й техніки України

Розвиток будівництва на території України залежав від становлення національної економіки. Кожний історичний етап розвитку економічних відносин формував свої вимоги до розвитку будівництва.

Перші великі поселення залишила Трипільська культура, де були житла прямокутної форми. Пізніше поблизу військових городищ на високих берегах річок будувалися хліборобські поселення з будівлями з гілок і глини. Для раннього середньовіччя характерне розташування укріплених міст на високих місцях із земляними валами та ровами. В Княжу добу, а саме в XI – XII ст. швидко розвивалося будівництво церков, княжих палат, дерев'яних і кам'яних будинків бояр. Житла сільського населення та міських ремісників були дерев'яними хатами в лісових місцевостях і напівземлянками в степовій зоні. В період татарської навали (XIII ст.) були знищені міста й села, і лише в XIV – XVI ст. розпочалося будівництво фортець, монастирів і церков, пристосованих до оборони.

XVII – XVIII століття ознаменувалися розквітом міського будівництва з перенесенням на українські території західноєвропейських архітектурних стилів ренесансу й бароко. Українське село зберігало традиційний стиль будівництва, який визначався особливостями різних регіонів. У степових районах будувалися саманові хати, в лісостепу – турлучні (дерев'яний зруб або плетіння з обмазанням глиною), а для лісових місцевостей характерні дерев'яні хати.

У кінці XVIII ст. на будівництво міст впливали російські урядові приписи, які певною мірою формували українські міста. З розвитком промисловості в другій половині XIX століття будуються робітничі селища навколо заводів та шахт, які мали надзвичайно примітивний вигляд. На початку XX століття з'являються вокзали, акціонерні товариства, банки, великі магазини та багатоповерхові житлові будинки. У великих містах проявляються відмінності між окремими районами, яким намагались надати нестандартного вигляду. Це явище спостерігалось перед першою світовою війною у найбільших містах України. В цей час будуються морські порти в Одесі, Миколаєві, Херсоні та Маріуполі.

Війна, революція та громадянська війна протягом 1917...1921 років майже зупинили міське будівництво. Нові будинки не зводилися, а існуючі руйнувались без догляду власників та проведення ремонтів. У період нової економічної політики (1921 – 1929 рр.) окремі невеликі будинки були повернені попереднім власникам, а більші були передані в розпорядження

міських рад. У містах здійснювались надбудови двох або трьох поверхів на старі будинки, якщо це дозволяли технічні умови. Це не розвивало житлове будівництво, але привело до надмірного скупчення мешканців.

Серед видатних українських будівельників та вчених у галузі будівництва кінця 19-го – початку 20-го століття слід відмітити таких:

Городецький Владислав Владиславович (1863 – 1930 р.) – український та польський архітектор, автор будівлі Національного художнього музею України на вулиці Михайла Грушевського, будинку з химерами (рисунок 2.1) та Собору святого Миколая в Києві (рисунок 2.2), а також низки будівель у Києві, Черкасах, Умані, Євпаторії та в інших містах. Будучи міським архітектором Києва, здійснював технічний нагляд за будівництвом. З 1920 року працював у Польщі та в Ірані.



Рисунок. 2.1 Будинок з химерами



Рисунок 2.2 – Собор Святого Миколая

Будніков Михайло Сергійович (1904 – 1966 р.) – український вчений в області технології та організації будівництва, доктор технічних наук, професор. Викладач Київського інженерно-будівельного інституту, директор Науково-дослідного інституту організації і механізації будівельного виробництва.

Жербін Михайло Михайлович (1911 – 2004 р.) – доктор технічних наук, професор, а також композитор. Під час Другої світової війни брав участь в проєктуванні і будівництві заводу важких авіаційних бомб. Після звільнення Донбасу очолив Центральне бюро копрів і шахтного обладнання. З 1963 р – доцент, професор, завідувач кафедри металевих і

дерев'яних конструкцій Київського інженерно-будівельного інституту. Тематика досліджень: транспортно-відвальне устаткування кар'єрів і обладнання вугільних шахт, особливо легкі сталеві конструкції.

Заболотний Володимир Гнатович (1898 – 1962 р.) – український архітектор, співавтор проєкту будівлі Верховної Ради України, Київського залізничного вокзалу, проєктів забудови декількох міст і селищ України. У 1920 – 1930 роки викладав архітектурне проєктування в Київському інженерно-будівельному інституті, а також працював головним архітектором Державного інституту проєктування міст. Брав участь у післявоєнному відновленні багатьох українських міст.

Альошин Павло Федотович (1881 – 1961 р.) – український архітектор, доктор архітектури. Автор десятка архітектурних шедеврів, в основному в стилі класичної архітектурної школи, модерну та конструктивізму. До них можна віднести Педагогічний музей у Києві (рисунки 2.3), будівлі шкіл та дослідницьких інститутів, житлові будівлі, проєкти реконструкції київських готелів, відбудови Київського університету імені Т.Г. Шевченка та Маріїнського палацу в Києві. Розробив проєкти планування декількох міст і комплексів адміністративних будівель.



Рисунок 2.3 – Педагогічний музей України в Києві

Кондратюк Юрій Васильович (справжнє ім'я Шаргей Олександр Гнатович) – український вчений-винахідник, один з розробників теорії космічних польотів. Автор так званої «траси Кондратюка», якою здійснювали політ на Місяць космічні кораблі за програмою «Аполлон». Ю.В. Кондратюк проявив себе також у галузі будівництва: будував дерев'яні елеватори для зерна, запроєктував унікальну опору для вітроелектростанції в Криму, конструкція якої стала прообразом Останкінської вежі в Москві (автор конструкції телевежі М.В. Нікітін працював з Кондратюком над проєктом вітроелектростанції та використав принципову конструктивну схему в телевежі).

На сучасному етапі розвитку ринкових відносин перед Україною постали завдання наближення будівництва до Європейських вимог та стандартів. Вони насамперед полягають у формуванні комфортного, безпечного та якісного рівня життя людей.

## 2.3 Поширені планувальні рішення та конструктивні схеми сучасних будівель

Будівлями називають споруди з приміщеннями, призначеними для діяльності людей. Будівлі класифікують за призначенням, матеріалом, конструктивними схемами та іншими ознаками. За призначенням будівлі поділяють на три групи:

Цивільні будівлі можуть бути житловими (житлові будинки, гуртожитки, готелі тощо) та громадськими (заклади управління, науки, освіти, охорони здоров'я, культури, спорту, торгівлі, культові та інші).

Промислові будівлі (виробничі, складські, допоміжні) призначені для здійснення технологічних процесів з випуску товарної продукції.

Сільськогосподарські будівлі (складські, тваринницькі, птахівницькі, культиваційні) призначені для виготовлення, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції.

Основні об'ємно-планувальні та конструктивні елементи будівель показані на рисунку 2.4 на прикладі громадської будівлі. До об'ємно-планувальних елементів належать: підвал I, цокольний поверх II, надземний поверх III, горище IV, мансарда IVa, сходові клітки V.

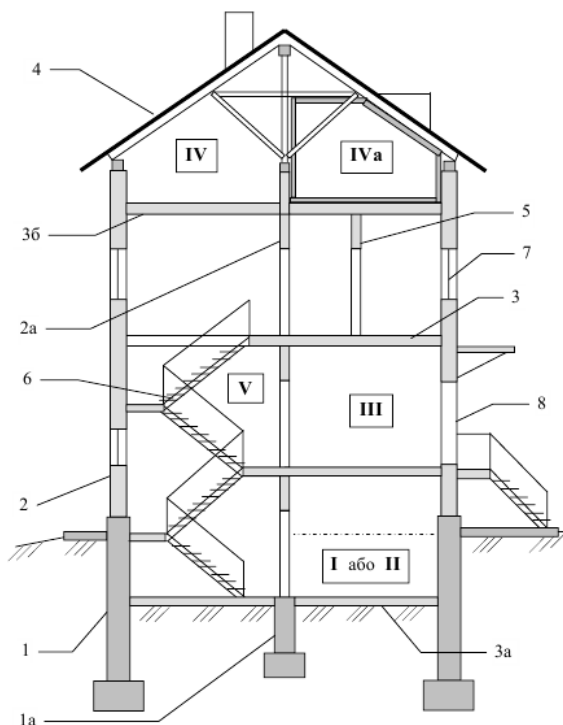


Рисунок 2.4 – Об'ємно-планувальні та конструктивні елементи будинку

Джерело: [7]

До конструктивних елементів відносяться: фундаменти 1 та 1a, зовнішні стіни 2, внутрішні стіни 2a, міжповерхові 3 та підвальні перекриття 3a, горищні перекриття 3б, покриття 4, перегородки 5, сходи 6, вікна 7 та двері 8.

Конструктивні елементи будівель можуть бути несучими, якщо вони сприймають навантаження та послідовно передають їх на фундаменти, та огорожувальними, що розділяють приміщення або захищають внутрішній простір будівлі від несприятливих факторів зовнішнього середовища. Деякі конструкції можуть суміщувати несучі та огорожувальні функції.

До будівель в цілому та їх конструктивних елементів ставляться вимоги, які повинні забезпечити їх придатність до експлуатації:

Функціональні вимоги повинні забезпечити відповідність будівлі тим процесам, для реалізації яких вона зводиться, та комфортне середовище для людей. Вони залежать від призначення будівлі та забезпечуються шляхом вибору раціональних розмірів і взаємних зв'язків приміщень, а також оптимальних параметрів внутрішнього середовища.

Вимоги до механічної міцності будівлі забезпечуються міцністю, стійкістю та жорсткістю усіх конструктивних елементів. Ці вимоги реалізуються шляхом вибору матеріалів, форм та розмірів усіх конструкцій за результатами відповідних розрахунків.

Вимоги до надійності та довговічності полягають у тому, щоб будівля та її елементи могли виконувати свої функції на протязі розрахункового строку експлуатації, який може змінюватися від 30 років для теплиць до 100 років для житлових будівель. Довговічність несучих та огорожувальних конструкцій залежить від впливів експлуатаційного середовища і забезпечується вибором матеріалів з урахуванням їх вологостійкості, морозостійкості, корозійної стійкості та біостійкості.

Вимоги до пожежної безпеки реалізуються шляхом вибору безпечних планувальних та конструктивних рішень, а також матеріалів певного ступеню горючості. Інтервал часу від початку пожежі до руйнування конструкції чи виникнення іншої небезпеки називають межею вогнестійкості. Вона може змінюватися від 15 хвилин для відкритих металевих конструкцій до декількох годин для важких залізобетонних конструкцій. За характеристиками окремих конструктивних елементів визначається ступінь вогнестійкості будівлі в цілому.

Вимоги до благоустрою зводяться до створення комфортних умов для людей. Вони реалізуються шляхом улаштування електропостачання, газопостачання, вентиляції, водопостачання й водовідведення, ліфтів, елементів оздоблення тощо.

Вимоги архітектурно-художньої виразності зводяться до формування гармонійного, естетично привабливого й оригінального зовнішнього вигляду та інтер'єрів будівлі за умови збереження відповідності її функціональному призначенню.

Вимоги економічної доцільності полягають у тому, щоб усі вказані вище вимоги та експлуатаційні якості будівлі були реалізовані при мінімально можливій трудомісткості та вартості.

Виконання перелічених вимог необхідно забезпечити з урахуванням впливів експлуатаційного середовища, які відображені на рисунку 2.5. Повний комплекс цих силових і несилкових впливів слід враховувати при проектуванні кожної будівлі. Силові впливи сприймаються несучими конструкціями, а від дії несилкових впливів зовнішнього середовища в основному захищають огорожувальні конструкції.

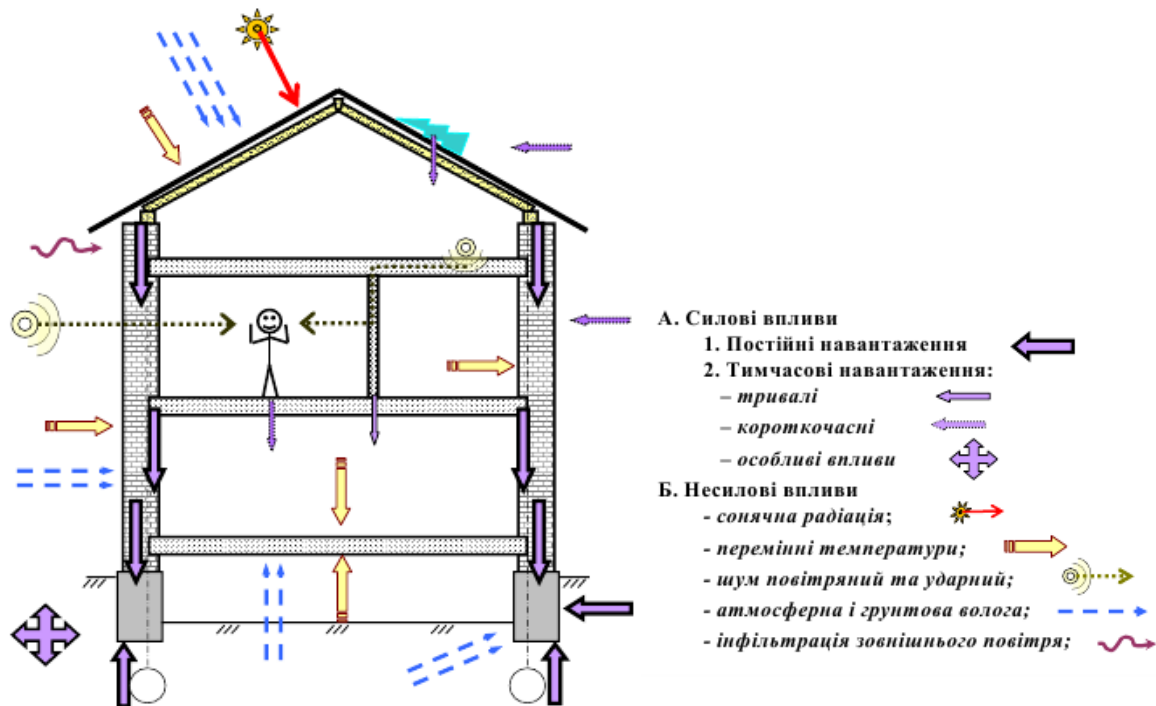


Рисунок 2.5 – Основні впливи, що діють на будівлю. Джерело: [7]

За конструктивною схемою будівлі можуть бути з несучими стінами та каркасними. Зображена на рисунку 2.6 схема показує, що безкаркасна будівля складається з поперечних 1 та поздовжніх 2 несучих стін, а також плит перекриття 3. Саме ці елементи сприймають вертикальні й горизонтальні навантаження і таким чином забезпечують міцність, стійкість і жорсткість будівлі.

Несучими елементами каркасної будівлі, схема якої показана на рисунку 2.7, є колони (стійки) 1, ригелі 2 та плити перекриття 3. Замість ригелів можуть використовуватися монолітні залізобетонні перекриття. Стіни такої будівлі є самонесучими або навісними і виконують роль огорожень, сприймаючи навантаження лише від власної ваги та передаючи їх на колони. Використовуються також схеми з неповним каркасом, коли зовнішні стіни є несучими, а внутрішні замінюються колонами. Така схема розширює можливості вільного планування приміщень порівняно з варіантом безкаркасної будівлі.

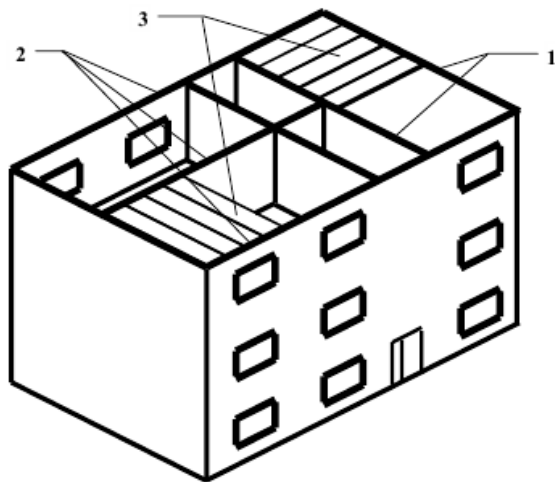


Рисунок 2.6 – Будівля з несучими стінами. Джерело: [7]

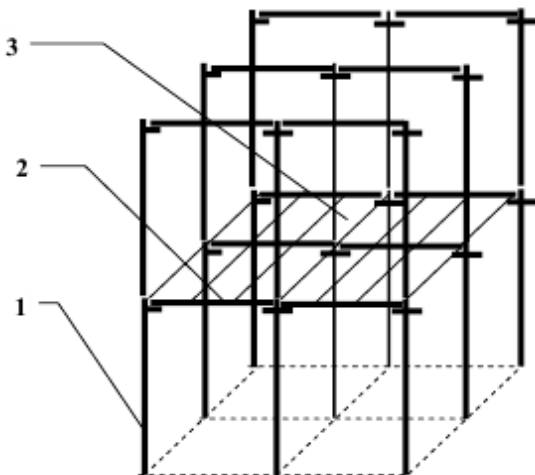


Рисунок 2.7 – Каркасна будівля Джерело: [7]

У висотних будівлях можуть використовуватися конструктивні схеми з несучими оболонками по контуру зовнішніх стін та схеми з жорстким центральним стовбуром, на який навішуються міжповерхові перекриття. Така схема, зображена на рисунку 2.8, дозволяє розмістити в середині центрального стовбура сходові клітки, ліфти та інші комунікації.

Вибір раціональної об'ємно-планувальної та конструктивної схеми будівлі визначається функціональним призначенням, кліматичними, геологічними й технічними умовами будівництва, а також економічними обмеженнями.

При цьому повинні бути виконані усі вимоги до будівлі даного типу, викладені у відповідних розділах Державних будівельних норм України.

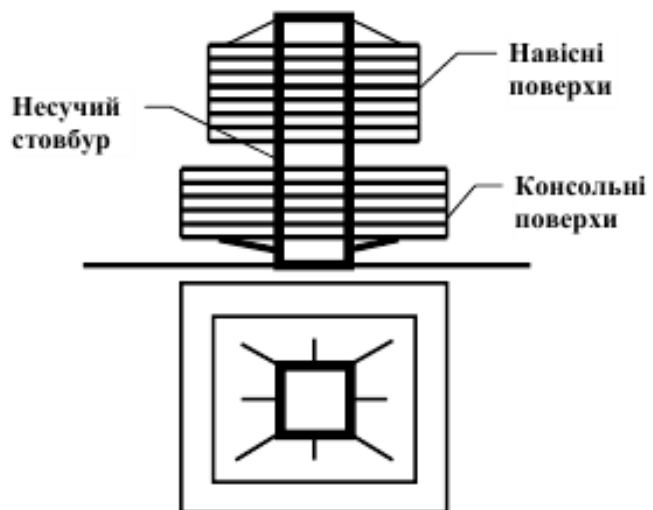


Рисунок 2.8 – Будівля з несучим центральним стовбуром.

## 2.4 Будівельні матеріали та вироби, їх властивості та галузі використання

Для раціонального використання будівельних матеріалів потрібно знати їх технічні характеристики, технологічні та експлуатаційні властивості. Технічні характеристики кожного матеріалу залежать від його хімічного, мінерального та фазового складу, макро- та мікроструктури. Основні групи технічних характеристик:

- структурно-фізичні (істинна й середня густина, пористість, водопоглинання та вологість, водонепроникність, паропроникність, водостійкість, гігроскопічність, морозостійкість);
- теплові та акустичні (теплоємність і теплопровідність, вогнестійкість, вогнетривкість, акустичні характеристики);
- характеристики стійкості (хімічна стійкість, корозійна та біологічна стійкість, довговічність);
- механічні (міцність, твердість, стираність, деформативність, пружність та пластичність);
- технологічні (придатність до механічної та інших видів обробки).

Деякі з перелічених характеристик відносяться до всіх будівельних матеріалів, інші використовуються лише для специфічних експлуатаційних умов та матеріалів.

Будівельні матеріали прийнято класифікувати за походженням, властивостями та галузями використання. У даному випадку використаємо класифікацію за походженням, яка поділяє будівельні матеріали на групи, коротко охарактеризовані нижче.

**Природні кам'яні матеріали** добувають з гірських порід, що представляють собою певні мінерали чи їх суміші. Вони можуть бути дуже різноманітними за зовнішнім виглядом, що видно з рисунка 2.9, а також за міцністю, середньою густиною, пористістю, морозостійкістю та іншими технічними характеристиками.



Рисунок 2.9 – Природні камені: граніт, пісковик, ракушняк-черепашник

Завдяки хорошому зовнішньому вигляду та високим технічним характеристикам природні кам'яні матеріали використовуються у вигляді бутового каменю, щебню, кам'яних блоків і плит правильної форми, фасонних виробів, а також у якості сировини для виробництва різних будівельних матеріалів.

**Будівельна кераміка** представляє собою штучний камінь, який виготовляють шляхом формування та випалювання при температурах понад 700°C сумішей глин з різними мінеральними та органічними добавками. Процес виробництва кераміки складається з трьох основних операцій: формування, сушіння і випалювання. Використання кераміки в будівництві почалося близько 5000 років тому. Керамічні вироби є дуже різноманітними: повнотіла, полегшена й порожниста цегла та керамічні блоки, черепиця різних типів, плитка для підлог, зовнішнього та внутрішнього облицювання стін, фасонні вироби, керамзит. Найбільш поширені види керамічних виробів показані на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Керамічні вироби: повнотіла й порожниста цегла, черепиця двох типів

Будівельна кераміка має високу міцність, водостійкість і морозостійкість, довговічність. Залежно від технології виготовлення, керамічні вироби можуть бути щільними чи пористими. Після випалювання керамічні вироби набувають гарного зовнішнього вигляду і не потребують додаткової обробки, хоча поверхня плиток, черепиці та лицьової цегли може бути глазурованою. Основним недоліком кераміки є підвищена крихкість. Керамічні вироби використовують для зведення та зовнішнього облицювання стін, улаштування покрівель та внутрішнього опорядження приміщень.

**Матеріали і вироби з мінеральних розплавів** мають у своїй основі силікати, тому при різкому охолодженні переходять у склоподібний стан. Їх виготовлення базується на таких технологічних операціях: розплавлення сировини, формування виробів, термічна обробка для надання певної мікроструктури та необхідних властивостей. У якості сировини використовуються природні гірські породи, шлаки та ситали.

Шляхом розплавлення базальту чи діабазу та охолодження в формах отримують бруківку, кислототривку цеглу та плитку, а також фасонні вироби різної конфігурації (до скульптури включно), показані на рисунку 2.11. Сировиною для таких виробів можуть служити також металургійні доменні й мартенівські шлаки. З розплавів на основі кварцу виготовляють листове скло різних видів (віконне, вітринне, візерункове, армоване та загартоване), облицювальні плитки, профільовані скляні вироби, скляні труби, а також склоблоки, зразок якого показаний на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 – Кам'яне лиття: кислототривкі базальтові відливки та склоблок

Особливим видом виробів з мінеральних розплавів є теплоізоляційні матеріали та вироби: базальтова, шлакова та скляна вата і вироби з неї у вигляді мінеральних матів, жорстких та напівжорстких плит, шлакова пемза, піноскло. Теплоізоляційні властивості цих виробів, окремі з яких показані на рисунку 2.12, реалізуються шляхом створення великої пористості. Так наприклад, при істинній густині мінеральних розплавів порядку  $2600 \text{ кг/м}^3$  середня густина теплоізоляційних виробів може становити менше  $100 \text{ кг/м}^3$ . Безумовними перевагами виробів з кам'яних розплавів є висока міцність, хімічна й корозійна стійкість, довговічність, естетичний вигляд та відносна дешевизна кам'яного литва.



Рисунок 2.12 – Теплоізоляційні вироби з кам'яних розплавів: м'які та жорсткі плити з базальтового волокна, піноскло

**Метали і металеві вироби** широко використовуються у всіх галузях народного господарства, включаючи будівництво. У будівництві в основному використовуються сталі та значно менше – алюмінієві сплави. Цьому сприяє їх висока міцність (межа міцності широко вживаних сталей становить 200...500 МПа), пластичність, зварність, непроникність для рідин та газів. Недоліками сталевих конструкцій є схильність до корозії та низька вогнестійкість.

Сталі різних марок використовують у будівництві для виготовлення несучих та огорожувальних конструкцій, арматури для залізобетону, санітарно-технічних виробів, опоряджувальних і кріпильних деталей. Для виготовлення несучих конструкцій використовується сталевий прокат різних профілів: листи, двотаври, швелери, кутики, квадратні, прямокутні та круглі труби. Показані на рисунку 2.13 профілі з різних марок сталей випускаються металургійними заводами згідно з сортаментами, які передбачають різні розміри перерізів, необхідних для виготовлення сталевих конструкцій.

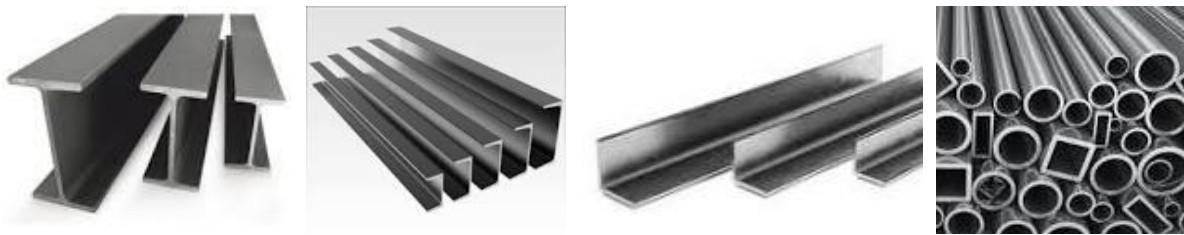


Рисунок 2.13 – Сталевий прокат: двотаври, швелери, кутики, круглі та квадратні труби

Особливе місце займають тонкостінні металеві вироби, виготовлені шляхом гнуття чи штампування з листів товщиною 0,5...2,0 мм. Приклади таких виробів наведені на рисунку 2.14. Сталевий профільований настил може мати висоту гофр від 10 мм до 200 мм, що дозволяє використовувати його у якості обшивок в огорожувальних конструкціях та в якості несучих елементів покриттів чи стін, які можуть сприймати навантаження від ваги покриття, снігу чи вітру та передавати їх на основні несучі конструкції. Металочерепицю часто використовують у якості декоративно-ізоляційного елемента покриттів житлових і громадських будівель. Тонкостінні гнуті профілі можуть мати різноманітну конфігурацію та розміри, що дозволяє виконувати з них легкі несучі конструкції, каркаси легких перегородок та основу для кріплення листів гіпсокартону.



Рисунок 2.14 – Тонкостінні сталеві вироби: профільований настил, металочерепиця, профілі для легких конструкцій та кріплення гіпсокартону

Профільований настил і металочерепиця зазвичай оцинковуються й покриваються синтетичними фарбами чи тонким шаром пластмаси. Це не лише захищає їх від корозії, але й надає будівлям естетичного вигляду.

**Мінеральні в'язучі речовини** використовуються у вигляді порошків, які при змішуванні з водою утворюють пластичне тісто, котре у результаті фізико-хімічних процесів твердіє й набуває каменеподібного стану. Ця властивість дозволяє виготовляти різні безвипалювальні штучні кам'яні матеріали типу розчинів та бетонів, а також скріплювати між собою різні мінеральні вироби в кладці. Мінеральні в'язучі речовини бувають повітряними, які тверднуть на повітрі, та гідралічними, які можуть тверднути й набирати міцність у вологих умовах чи навіть у воді.

До повітряних в'язучих відносяться вапно, будівельний гіпс та магнезіальні в'язучі. Найбільш поширеним гідралічним в'язучим є портландцемент. Його виготовляють шляхом тонкого помелу клінкеру, отриманого в результаті випалювання при температурі близько 1450°C суміші з 75% вапняку й 25% глини. Існують також модифікації портландцементу, найбільш поширеним з яких є шлакопортландцемент.

Портландцемент найчастіше використовується в будівельних розчинах і бетонах, вапно – в штукатурних розчинах, а гіпс – для штукатурки швидкого твердіння та ліпного декору інтер'єрів.

Однією з галузей використання гіпсу є також виготовлення гіпсокартону, зразки якого показані на рисунку 2.15. Цей матеріал представляє собою плити з гіпсового розчину, який затвердів між двома шарами картону. Гіпсокартон може бути водостійким та має достатню міцність



Рисунок 2.15 – Листи гіпсокартону

і жорсткість, що дозволяє виконувати з нього обшивку стін чи стель та зводити легкі внутрішньоквартирні перегородки з каркасом із тонкостінних сталевих гнутих профілів, показаних на рисунку 2.14.

**Будівельні розчини** представляють собою суміш мінерального в'язучого, заповнювача (зазвичай піску), води та спеціальних добавок для модифікації властивостей. Приготовлена розчинова суміш є пластичною і тому може наноситися на поверхні різних конструкцій, а після твердіння в'язучого переходить у каменеподібний стан. Розчини можна також назвати дрібнозернистими бетонами.

Будівельні розчини класифікують за видом в'язучої речовини та за призначенням: для кладки, штукатурки, облицювальних робіт та інші. У сучасному будівництві широко використовують сухі суміші, які містять усі необхідні компоненти, за винятком води. Наприклад, широко відомі суміші "Церезит", які мають різне призначення та для приготування розчинів вимагають лише замішування водою.

**Бетони** представляють собою затверділу суміш в'язучого, води, дрібного та крупного заповнювача (піску та щебню), а також модифікуючих добавок. Цементне тісто, утворене з в'язучого та води, заповнює порожнечу між заповнювачами та зв'язує їх у штучний камінь. Бетони є економічним матеріалом, який може мати дуже різні властивості та утворювати різні за формою та розмірами вироби чи конструкції. Бетони мають високу міцність та морозостійкість, значну довговічність, вогнестійкість та водостійкість.

Бетони класифікують за видом в'язучого, фізико-механічними характеристиками і за призначенням у будівництві. Їх використовують для виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів та для зведення монолітних конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику. Поряд з важкими бетонами, які призначені для виготовлення несучих конструкцій, використовуються також легкі бетони, які мають хороші теплоізоляційні характеристики. Їх отримують за рахунок використання легких заповнювачів (керамзит, пінопласт тощо) або шляхом примусового утворення пор у дрібнозернистих бетонах, які не мають крупного заповнювача. Вигляд такого роду ніздрюватих бетонів та виготовлених з нього блоків для мурування стін показано на рисунку 2.16.

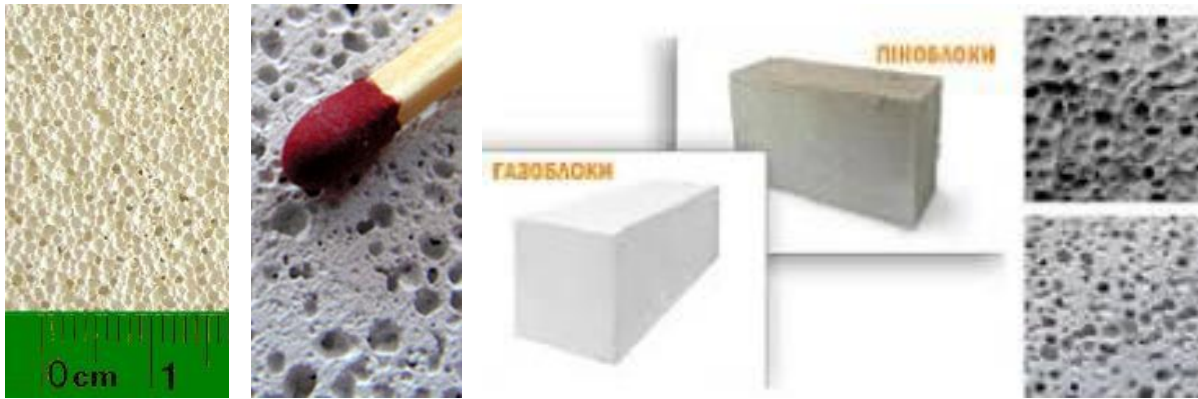


Рисунок 2.16 – Структура ніздрюватого бетону та вигляд стінових блоків

Пори в газобетоні зазвичай утворюються за рахунок виділення водню в результаті хімічної реакції алюмінієвої пудри з мінералами цементу. Пористість пінобетону утворюється в результаті замішування цементу високообертливими змішувачами на воді з піною, утвореною спеціальними речовинами. Пористість зменшує середню густину ніздрюватого бетону з  $1600 \text{ кг/м}^3$  для звичайного цементно-піщаного розчину до  $300 \dots 800 \text{ кг/м}^3$ . Таким чином при досить високій для кладки стін міцності істотно зменшується теплопровідність, що робить ніздрюваті бетони конструкційно-теплоізоляційними матеріалами. Самонесучі стіни сучасних каркасних житлових і громадських будівель часто виконуються з блоків ніздрюватого бетону

**Залізобетон** є композитним матеріалом, у якому забезпечена спільна робота бетону та сталі. Бетон, як і інші штучні та природні камені, має досить високу міцність при стиску, але погано працює на розтяг. Саме тому в зонах виникнення напружень розтягу (зокрема, в нижній частині балок, опертих на кінці та працюючих на згин) встановлюється арматура зі сталевих стержнів, яка й сприймає зусилля розтягу. Спільна робота бетону й сталевий арматури реалізується за рахунок їх міцного зчеплення та близьких коефіцієнтів температурного розширення. Окрім того, бетон захищає сталеву арматуру від корозії.

Залізобетонні конструкції можуть бути монолітними та збірними. Монолітні конструкції виконуються безпосередньо на місці їх майбутньої експлуатації. Для цього на місці майбутньої конструкції необхідно виготовити опалубку, встановити арматуру, укласти й ущільнити бетон. Збірні залізобетонні конструкції виготовляють на спеціалізованих заводах, де використовується інвентарна опалубка та вантажопідіймальні крани для транспортування й укладання арматури, бетону та відформованих виробів.

Для прискорення процесу твердіння бетону вироби піддають термічній обробці у спеціальних пропарочних камерах. Конструкція елементів, виготовлених на заводах збірного залізобетону, відповідає затвердженим кресленням і технічним умовам. Це підвищує ефективність роботи заводів за рахунок уніфікації виробів та дозволяє вибрати для використання в конкретній будівлі залізобетонні вироби необхідних розмірів, розраховані на сприйняття певних навантажень. Характерні приклади збірних залізобетонних конструкцій показані на рисунку 2.17.

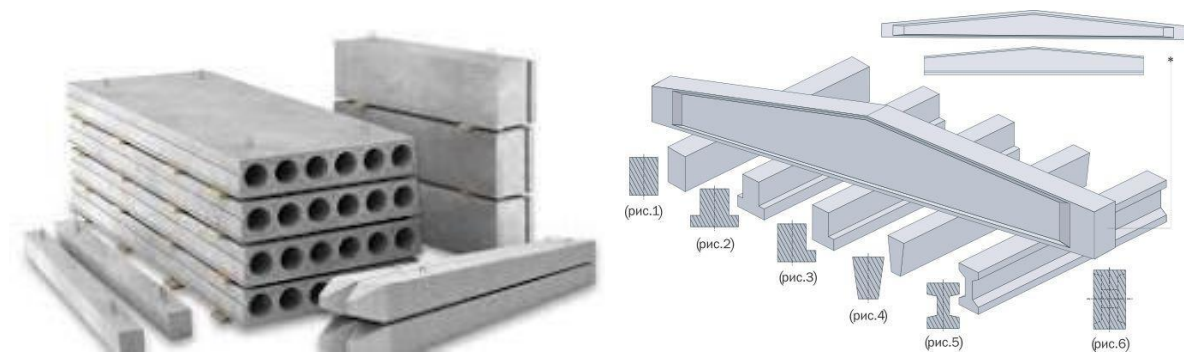


Рисунок 2.17 – Збірні залізобетонні конструкції: перемички, пустотні плити перекриття, палі, фундаментні блоки, кроквяні балки та балки перекриття

Таким чином, використання збірного залізобетону прискорює будівельні процеси, а використання монолітних конструкцій дозволяє зводити унікальні будівлі та споруди за індивідуальними проектами.

**Лісові матеріали** є історично першими будівельними матеріалами, які й до цього часу широко використовуються в будівництві. Деревина має досить високу міцність, малу густину й теплопровідність, легко оброблюється і може бути використана для виготовлення несучих та огорожувальних конструкцій. Недоліками деревини є неоднорідність та анізотропія її властивостей (міцність деревини поперек волокон менша, ніж уздовж), наявність природних вад (сучки, тріщини, вузлуватість, збіжність, косошарість та інші), легка займистість, схильність до вбирання вологи, загнивання та біологічного ураження. Тому деревину обробляють антипіренами й антисептиками та захищають поверхні конструкцій від дії атмосферного середовища лаками чи фарбами.

У будівництві найчастіше використовують хвойні породи деревини. Листяні породи зазвичай застосовують для внутрішнього опорядження будинків. Проміжною продукцією є пиломатеріали, які отримують шляхом поздовжнього розпуску колод. Можлива схема розпуску та види пиломатеріалів показані на рисунку 2.18.



Рисунок 2.18 – Схема розпуску колоди і види пиломатеріалів

Окрім безпосереднього використання в конструкціях, пиломатеріали використовують для виготовлення клеєних дерев'яних конструкцій, приклади яких показані на рисунку 2.19. Перевагою клеєних конструкцій та елементів є можливість створення великих перерізів, розміри яких перевищують природні розміри заготовлених колод. Окрім того, можливість поздовжнього стикування, показаного на правому рисунку 2.19, дозволяє при склеюванні балок чи брусів відбракувати й вирізати неякісні частини пиломатеріалів і таким чином підвищити міцність склеєного елемента.



Рисунок 2.19 – Клеєні балки, клеєний брус, поздовжній зубчастий стик

Окрім використання в природному чи склеєному вигляді, у будівництві застосовується перероблена деревина у вигляді показаних на рисунку 2.20 плит: деревоволокнистих, деревостружкових та орієнтовано-стружкових. Їх виготовляють з відходів деревообробки або з деревини, непридатної для безпосереднього використання (гілки, обрізки тощо). Деревні волокна чи стружки змішують із синтетичними смолами (клеями) та пресують у формі плит, які можна використовувати для різноманітних декоративних обшивок, вирівнюючих шарів та навіть у якості елементів несучих конструкцій (наприклад – стінок дерев'яних двотаврових балок).



Рисунок 2.20 – Перероблена деревина: плити деревоволокнисті, деревостружкові, OSB

**Органічні в'язучі речовини** поділяють на бітумні (природні й нафтові бітуми та асфальтові породи), які складаються з суміші високомолекулярних вуглеводнів і їх сполук з іншими речовинами, та дьогтеві, отримані як відходи при розкладанні органічних речовин (деревини, торфу, вугілля) у процесі одержання газу чи коксу.

У будівництві в основному використовують нафтові бітуми та кам'яновугільні дьогті. Ці речовини водонепроникні, хімічно стійкі, добре зчіплюються з кам'яними матеріалами, деревом, металом та іншими матеріалами, розм'якшуються при нагріванні й твердіють при охолодженні. Ці властивості дозволяють використовувати їх у якості гідроізолюючих обмазок та клеючих мастик, а також виробляти на їх основі асфальтобетони для покриття доріг, рулонні покрівельні матеріали (руберойд та гідроізол – картон, просочений бітумом та толь – картон просочений дьогтем). Зразки цих матеріалів показані на рисунку 2.21.



Рисунок 2.21 – Матеріали на основі органічних в'язучих речовин: асфальтобетон, руберойд, гідроізол

Бітуми мають різні марки, залежні від температури розм'якшення та крихкості. Для покрівель використовують жорсткі бітуми, які не розм'якшуються при нагріванні від дії сонячної радіації. Для додаткового захисту покрівлі покривають посипками з дрібнозернистого гравію чи крупного піску. Асфальтобетони для доріг виготовляють з більш м'яких дорожніх бітумів, які не стають надто крихкими і не руйнуються при дії низьких температур взимку. Для того, щоб у результаті розм'якшення в'язучого влітку на дорозі не утворювалися напливи та продавлені колії, використовують бітуми, модифіковані полімерами.

**Лакофарбові матеріали** – це суміші, які наносяться на поверхні конструкцій та після висихання чи полімеризації утворюють на ній міцну захисну плівку. Поверхні покривають з метою художньо-декоративної обробки, для поліпшення гігієнічних умов, захисту від гниття, загоряння та інших дій агресивного середовища.

Лакофарбові суміші складаються з в'язучої основи, яка й утворює захисну плівку, пігменту, наповнювача та розріджувача. Залежно від в'язучої речовини, вони можуть бути природними та синтетичними. Використовуються водно-вапняні, водно-клейові, емульсійні, олійні, емалеві та синтетичні фарби, а також спиртові лаки та нітролаки.

Фарби утворюють непрозорі захисні й декоративні покриття, а лаки дають прозорі покриття, які підкреслюють текстуру обробленої поверхні. Для підготовки поверхні та доведення лаків і фарб до необхідної консистенції використовуються допоміжні матеріали.

**Будівельні пластмаси** створюються на основі смолоподібних високомолекулярних сполук, які одержують шляхом полімеризації простих органічних речовин. Окрім полімерних смол, до їх складу входять різні наповнювачі, пластифікатори та барвники. Під впливом тиску при нагріванні з пластмас можна формувати вироби необхідної форми.

У будівництві використовують лінолеуми та інші матеріали для покриття підлог, тепло- та звукоізоляційні матеріали для стін і покриттів, опоряджувальні матеріали, клеї, мастики та герметики, труби та інші сантехнічні вироби. У якості прикладу на рисунку 2.22 показано: екструдований пінополістирол, який має низьку теплопровідність та досить високу міцність щоб по ньому можна було ходити; пінопластовий стіновий блок, який у процесі зведення стіни заповнюється бетоном та при цьому відіграє роль опалубки й теплоізоляції; сайдинг для зовнішнього опорядження стін і їх захисту від атмосферних впливів; армований полімерний гідроізол для улаштування покриттів будівель.

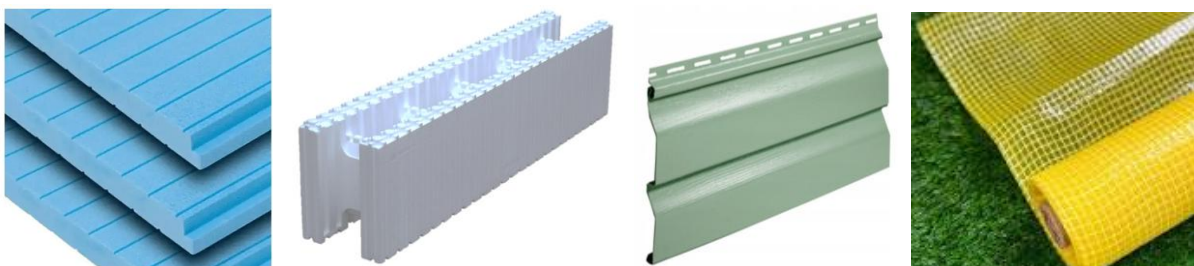


Рисунок 2.22 – Екструдований пінополістирол, пінопластовий стіновий блок, сайдинг, армований гідроізол

На рисунку 2.23 показані труби для мереж водопроводу й каналізації, які виготовляються з поліетилену, поліпропілену та полівінілхлориду. Водопровідні труби можуть мати різні діаметри, використовуються для внутрішніх і зовнішніх мереж водопостачання і монтуються на зварюванні шляхом плавлення торців спеціальним обладнанням. Каналізаційні труби різних діаметрів та необхідні для їх з'єднання фітінги (кутники, трійники, хрестовини тощо) монтуються на гумових ущільнювальних прокладках.



Рисунок 2.23 – Водопровідні труби різних діаметрів, каналізаційні труби та фітінги

Окрім наведеної класифікації за походженням, будівельні матеріали та вироби **класифікують за призначенням** на такі групи:

- для фундаментів (бутова кладка, монолітний бетон, бетонні блоки, збірні фундаменти під колони, палі, фундаментні балки);
- для зведення стін (кам'яна та цегляна кладка, дрібні та крупні блоки з різних матеріалів, монолітний легкий бетон, залізобетонні панелі, сандвіч-панелі, деревина та щити на основі деревини);
- елементи каркасів (залізобетонні збірні та монолітні колони, сталеві колони, залізобетонні й сталеві балки та ферми перекриття і покрівель);
- елементи перекриття і покриттів (монолітні та збірні залізобетонні плити, сандвіч-панелі, сталевий профільований настил);
- для улаштування підлог (лінолеум, ламінат, паркет, звичайні та декоративні бетони, керамічні плитки);
- для внутрішнього оздоблення (штукатурка, гіпсокартон, шпалери, дерев'яні обшивки, керамічні плитки, лакофарбові матеріали);
- для зовнішнього оздоблення та захисту стін (захисна штукатурка, лицьова цегла та плитки, сайдинг, індустриальні навісні системи);
- теплоізоляційні та звукоізоляційні (легкі бетони, деревоволокнисті плити, пінопласти, мінеральна вата й плити з неї);
- гідроізоляційні, у тому числі для покриттів (рулонні матеріали на основі бітумів і полімерів, захисні плівки, мастики);
- матеріали для захисту від корозії, біологічних впливів та пожежі.

## **2.5 Проблема забезпечення експлуатаційної надійності будівельних конструкцій та шляхи її розв'язання**

Під надійністю розуміють здатність будівельної конструкції, будівлі чи споруди виконувати задані функції на протязі розрахункового строку експлуатації. Для забезпечення експлуатаційної придатності будівлі необхідно забезпечити надійну роботу несучих та огорожувальних конструкцій, а також усіх інженерних систем (опалення, вентиляції, водопостачання й водовідведення, електромережі тощо).

Несучі конструкції сприймають навантаження від власної ваги усіх елементів будівлі, корисні навантаження на перекриття (вага обладнання, людей і матеріалів) та кліматичні навантаження від снігу й вітру. Далі ці навантаження передаються на фундаменти та на основу будівлі. Несучі конструкції повинні бути такими, щоб вони витримали діючі навантаження без руйнувань і значних деформацій. Це досягається правильним вибором конструктивної схеми, матеріалів та перерізів усіх елементів несучих конструкцій на основі спеціальних правил та розрахунків.

У давні часи, коли методи розрахунків були невідомі, надійна робота будівельних конструкцій забезпечувалася на основі інженерного досвіду зведення й експлуатації будівель. Наприклад, у кодексі законів древнього Вавилону, створеному приблизно в 1750 році до нашої ери за наказом царя Хаммурапі, говорилося: "§ 229. Якщо будівельник збудує людині дім і зробить свою роботу неякісно, так, що збудований ним будинок завалиться і спричинить смерть господарю будинку, то цього будівельника треба вбити." Така відповідальність мала забезпечити якісне будівництво та надійність будівельних конструкцій.

Перші відомі дослідження роботи конструкцій під навантаженням були виконані Галілеєм у 17 столітті. Протягом 17...19 століть Гук, Ейлер, Юнг, Нав'є та багато інших вчених та інженерів розробили основи науки про опір матеріалів та методики розрахунку, які дозволяли проєктувати несучі будівельні конструкції з урахуванням характеристик використаних матеріалів і діючих навантажень.

Мета проєктування несучих конструкцій полягає в призначенні таких розмірів елементів, при яких несуча здатність конструкції, визначена з урахуванням її розмірів та характеристик матеріалу, буде більшою за діючі навантаження. Це гарантує неможливість руйнування та надійну роботу запроєктованої конструкції. Проблема розрахунку полягає у невизначеності властивостей матеріалів та діючих навантажень, які є

випадковими величинами або процесами. Характеристики міцності матеріалів можуть випадковим чином змінюватися від однієї до іншої аналогічної конструкції. Навантаження, особливо кліматичні, також випадковим чином змінюються по території та в часі. Отже, для забезпечення достовірності розрахунків слід враховувати випадкову мінливість показників міцності будівельних матеріалів, діючих навантажень та інших розрахункових параметрів.

Такий підхід реалізовано в методі граничних станів, за яким і виконуються розрахунки несучих будівельних конструкцій. Методи розрахунків та необхідні початкові дані викладено у відповідних розділах ДБН – Державних будівельних норм України. Положення цих норм обґрунтовані результатами наукових досліджень навантажень на будівлі та споруди, характеристик міцності будівельних матеріалів і напружено-деформованого стану конструкцій різних видів.

Дослідження навантажень здійснюються імовірнісними методами на базі результатів натурних спостережень, у тому числі метеорологічних спостережень за сніговим покривом, ожеледдю та вітром. Розрахункові значення навантажень зазвичай встановлюються такими, щоб вони могли бути перевищеними не частіше, ніж один раз протягом розрахункового строку експлуатації будівель та конструкцій. Базовими є характеристичні значення навантажень, які можуть перевищуватися один раз на 50 років. Характеристичні значення навантажень від ваги конструкцій, корисних навантажень на перекриття, кліматичних та інших навантажень, а також методи переходу до розрахункових значень з урахуванням особливостей взаємодії кожного навантаження з будівлею чи спорудою викладені в ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи".

Розрахункові опори будівельних матеріалів різних видів і марок встановлені за результатами досліджень характеристик міцності цих матеріалів методами теорії ймовірностей. У якості розрахункових опорів приймаються найменші значення характеристик міцності, встановлені таким чином, щоб імовірність отримання при випробуваннях меншого результату була досить низькою (порядку 0,005...0,001). Це означає, що лише 1...5 зразків з 1000 можуть мати міцність, меншу від розрахункового опору. Розрахункові опори різних матеріалів наведені в розділах ДБН, де викладені методи проектування конструкцій цих видів. Наприклад, ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування" чи ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції".

Несуча здатність конструкції визначається методами, викладеними у відповідному розділі ДБН, з урахуванням встановленого розрахункового опору матеріалу, схеми та розмірів конструкції. Якщо отримане таким чином розрахункове значення несучої здатності перевищує розрахункове навантаження, ця конструкція вважається достатньо надійною, безпечною та придатною до експлуатації. В іншому випадку необхідно збільшити розміри перерізів елементів таким чином, щоб добитися виконання описаної граничної нерівності.

Насправді завжди існує ймовірність відмови запроєктованої конструкції, але за умови виконання вимог ДБН ця ймовірність є настільки малою (порядку  $10^{-3} \dots 10^{-6}$ ), що з нею можна змиритися. Запроєктувати абсолютно надійну конструкцію принципово неможливо, оскільки завжди є ймовірність того, що міцність окремого елемента буде меншою від встановленого розрахункового опору матеріалу, а фактичне навантаження перевищить встановлене нормами розрахункове значення.

Окрім виконання описаних розрахунків, при проєктуванні несучих конструкцій необхідно також дотримуватися низки конструктивних вимог, встановлених у відповідних розділах ДБН. Такі вимоги можуть бути результатом попередньо виконаних розрахунків, випробувань чи досвіду експлуатації конструкцій певних типів та зорієнтовані на забезпечення технологічності, надійності та довговічності конструкцій.

## **2.6 Вимоги до енергоефективності будівель та засоби їх забезпечення**

Економія витрат енергії на опалення й охолодження будівель є надзвичайно актуальною проблемою сучасного будівництва в усьому світі. У країнах Євросоюзу ця проблема вирішується шляхом законодавчого обмеження витрат енергії Директивами Європейського Парламенту і Ради ЄС та іншими нормативними документами. В Україні загальні вимоги до енергетичної ефективності будівель встановлені Законом України «Про енергетичну ефективність будівель». Норми граничних значень питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель встановлені наказом Міністерства розвитку громад та територій України № 260 від 27.10.2020 року. Виходячи з цих норм, за принципами, викладеними в ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" і Методикою, затвердженою наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

№ 169 від 11.07.2018 року визначається клас енергетичної ефективності будівлі. Клас А, як найвищий з семи встановлених класів енергоефективності, відповідає будівлям з рівнем споживання енергії, близьким до нульового. Найнижчим є клас G, який поряд з класами D, E та F не допускається при новому будівництві.

Споживання енергії в основному залежить від кліматичних умов експлуатації будівлі та від теплових характеристик огорожувальних конструкцій. Провідною характеристикою, яка визначає втрати тепла через огороження, є опір теплопередачі, який залежить від товщини й теплопровідності теплоізоляційних шарів. Мінімально допустимі значення опору теплопередачі стін, покриттів та інших огорожувальних конструкцій встановлені в ДБН В.2.6-31:2021 залежно від розташування будівельного об'єкта в межах однієї з двох температурних зон України. Слід відмітити, що протягом трьох десятиліть існування незалежної України ці значення збільшилися приблизно в 3...4 рази. Такі зміни призвели до значного зменшення втрат тепла, але змусили перейти на більш ефективні конструктивні рішення стін, покриттів та інших огорожувальних конструкцій.

Якщо встановлений нормами другої половини 20-го століття опір теплопередачі стіни житлової будівлі близько  $1,0 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$  забезпечувався цегляною стіною товщиною 51 см (у дві цеглини), то для забезпечення встановленого в ДБН В.2.6-31:2021 мінімально необхідного опору теплопередачі  $4,0 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$  необхідна цегляна стіна товщиною понад 2 м. Така конструкція стіни є неприйнятною і вимагає кардинальних змін.

У сучасному будівництві задача підвищення теплових характеристик огорожувальних конструкцій вирішується за рахунок використання ефективних теплоізоляційних матеріалів, теплопровідність яких у рази нижча від традиційних матеріалів для стін і покриттів. Якщо цегляна кладка має коефіцієнт теплопровідності близько  $0,6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$ , то для плит з мінеральної вати він становить приблизно  $0,05 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$ , а для екструдованого пінополістиролу – менше  $0,04 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$ . Таким чином, товщина утеплюючого шару зменшується в 12...15 разів.

Це дозволяє зводити комплексні багатошарові конструкції стін і покриттів, які складаються з несучої частини, шару теплоізоляції, зовнішнього та внутрішнього опорядження. Приклади конструктивних рішень стін і покриттів житлових і громадських будівель показані на рис. 2.24...2.30, запозичених з альбому технічних рішень компанії URSA.

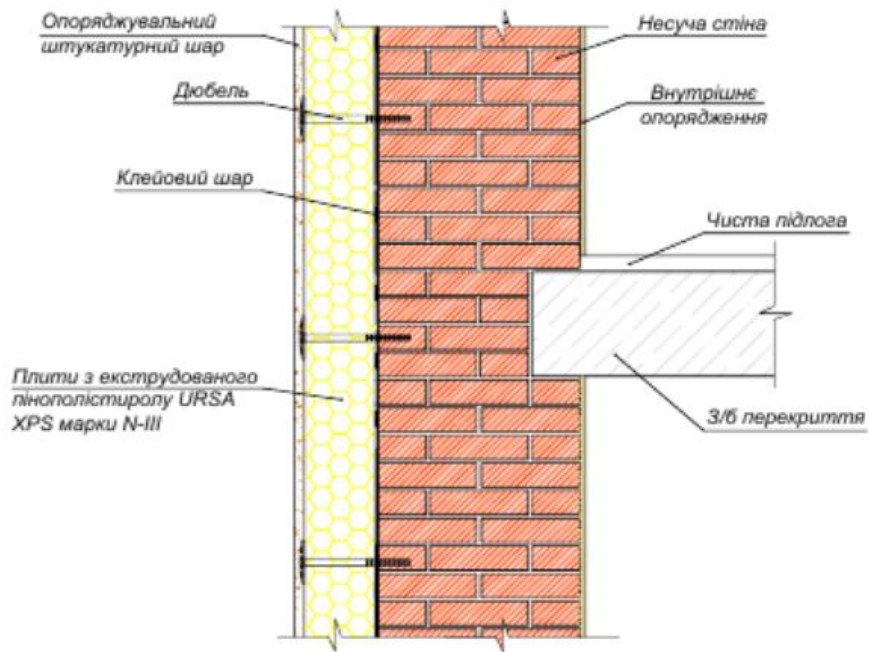


Рисунок 2.24 – Цегляна стіна зі скріпленою теплоізоляцією та зовнішнім опорядженням штукатуркою

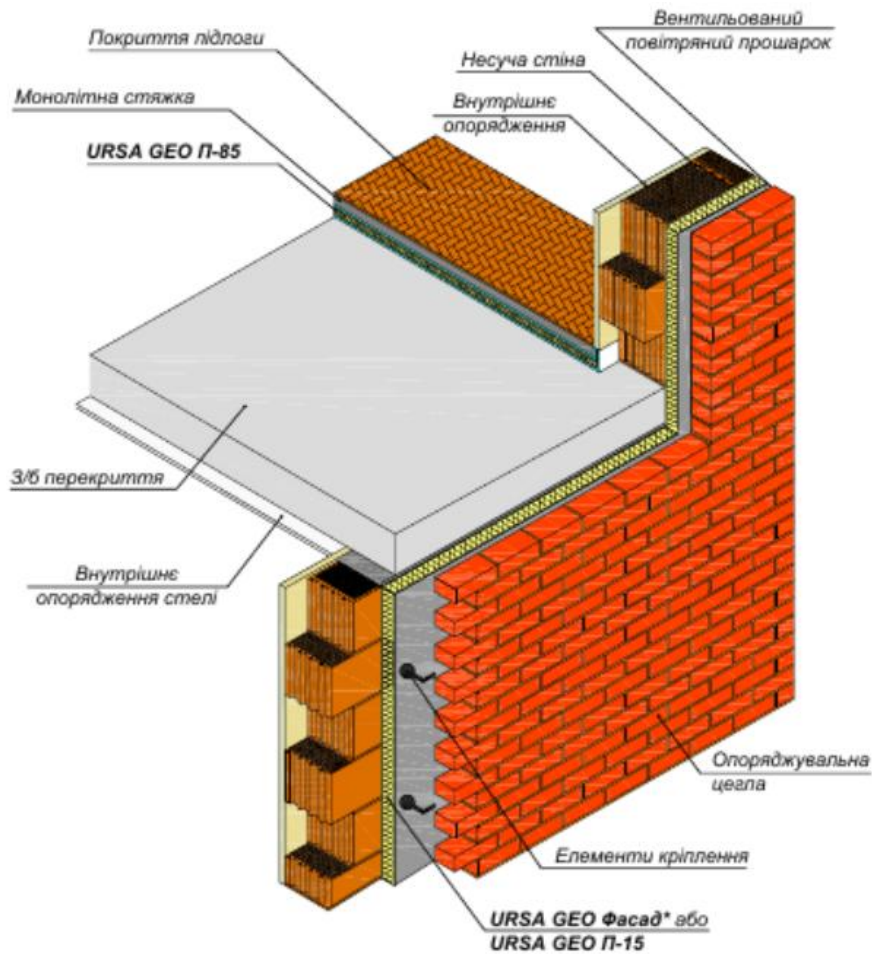


Рисунок 2.25 – Стіна з керамічних блоків, скріпленою теплоізоляцією та зовнішнім опорядженням лицьовою цеглою

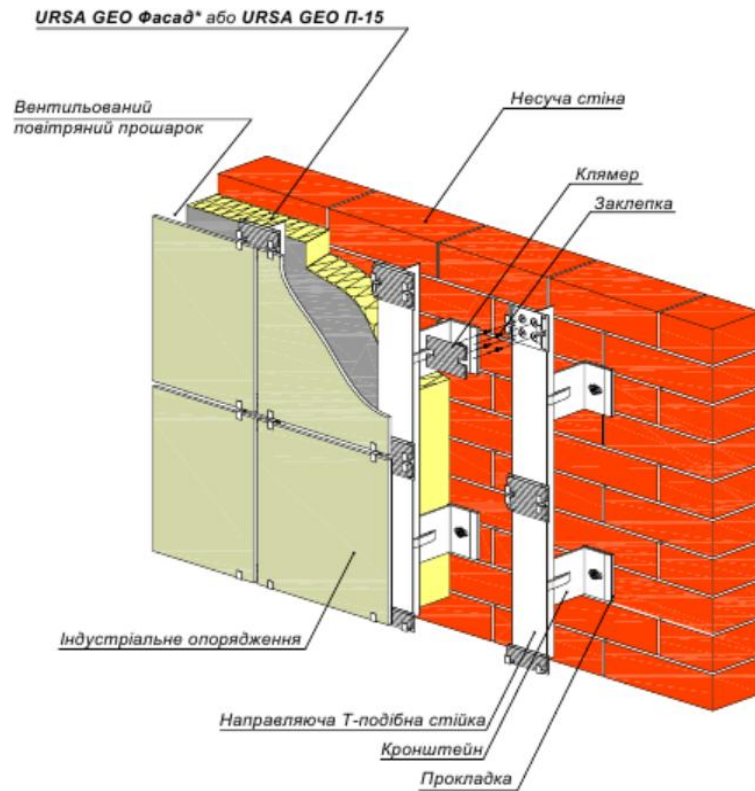


Рисунок 2.26 – Цегляна стіна з вентильованим повітряним прошарком та зовнішнім опорядженням індустріальною навісною системою

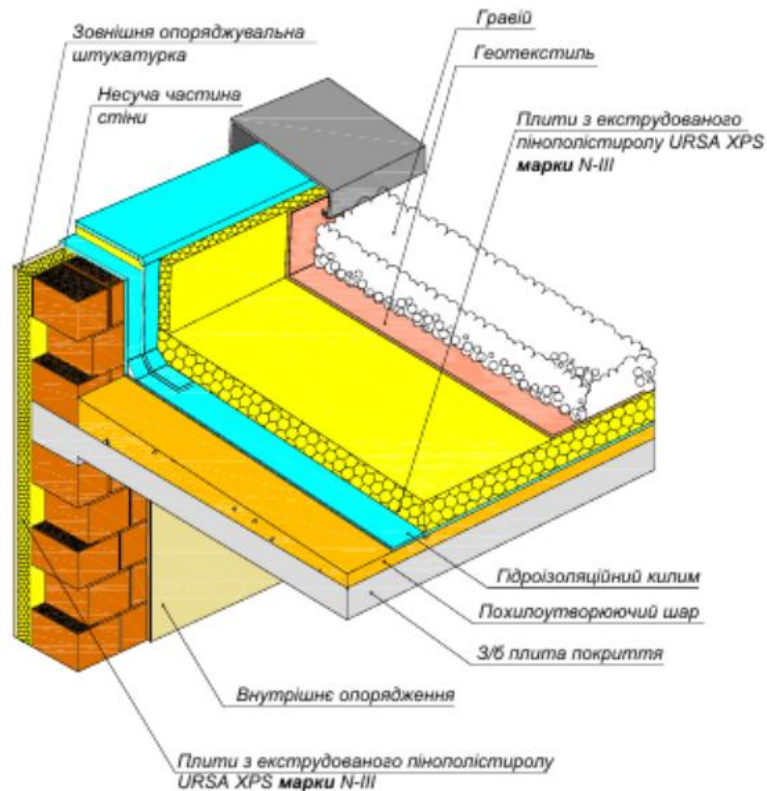


Рисунок 2.27 – Суміщене покриття по залізобетонній плиті. Стіна з керамічних блоків зі скріпленою теплоізоляцією

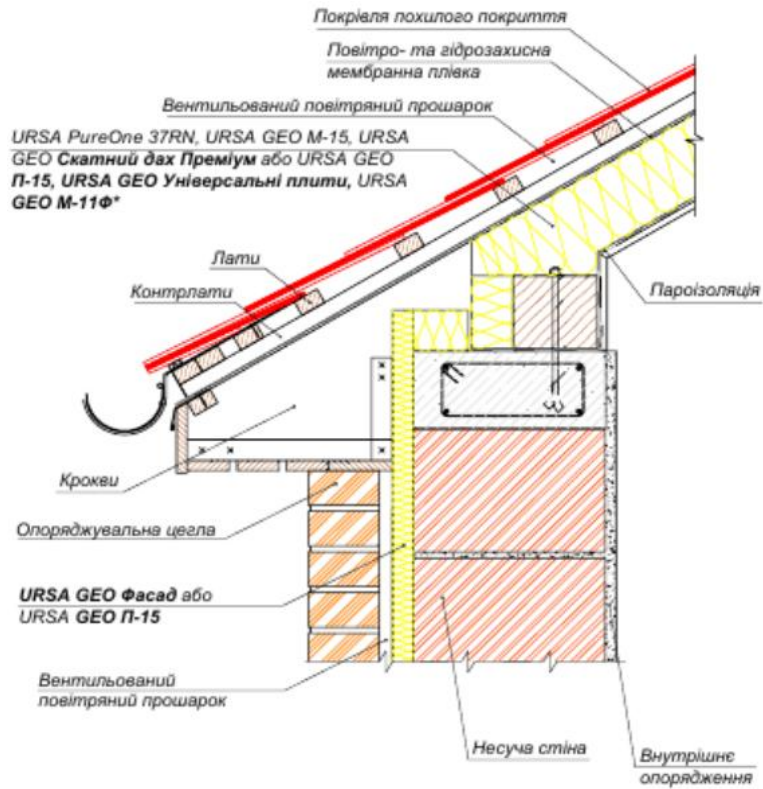


Рисунок 2.28 – Покриття мансарди по дерев'яних кроквах. Стіна з цегли чи керамічних блоків з вентиляльованим повітряним прошарком та зовнішнім опорядженням цеглою.

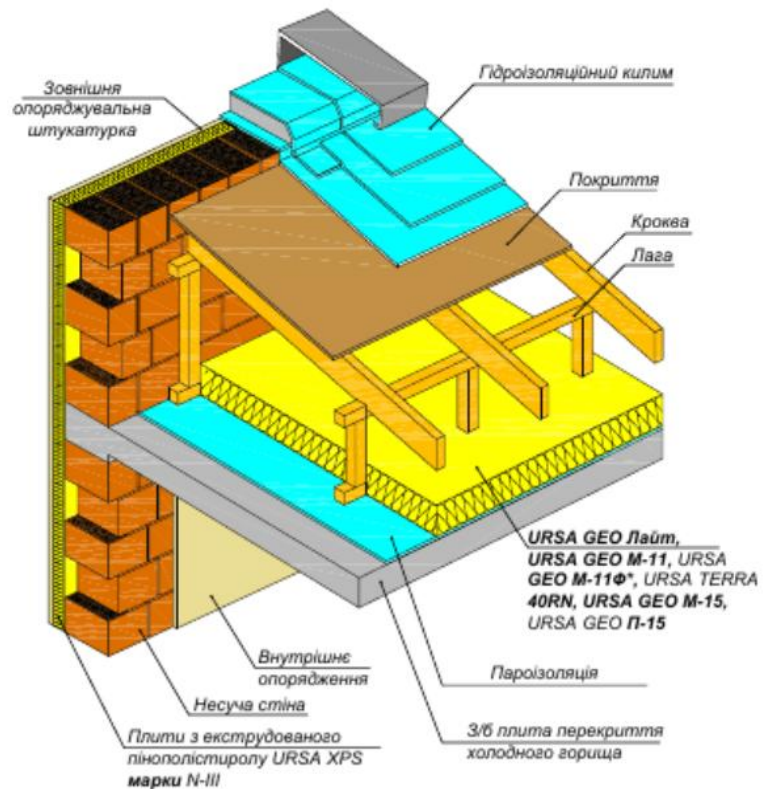


Рисунок 2.29 – Утеплення холодного горища. Стіна з цегли чи керамічних блоків зі скріпленою теплоізоляцією.

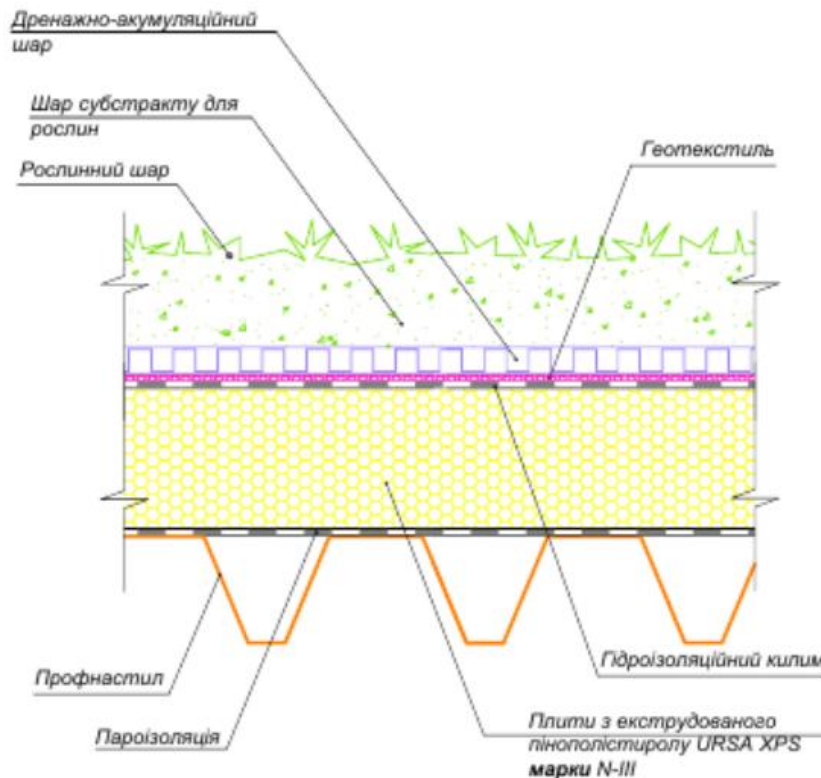


Рисунок 2.30 – Експлуатована покрівля з рослинним шаром по сталевому профільованому настилу

З наведених конструктивних схем видно, що наявність ефективних теплоізоляційних матеріалів дозволяє розробляти різноманітні технічні рішення стін, покриттів та вузлів огорожувальних конструкцій, які відповідають сучасним вимогам до теплових характеристик та можуть бути практично реалізовані.

Окрім вимог до опору теплопередачі, які забезпечують прийнятний рівень втрат тепла на опалення та достатньо високу енергоефективність будівель, ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" вимагають виконання двох додаткових умов.

З метою забезпечення комфортності перебування в приміщенні різниця температур внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в житлових і громадських будівлях не повинна перевищувати 2°C...5°C.

З метою уникнення випадків утворення конденсату температура внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій у зонах підвищеної теплопередачі (теплопровідні вставки, вузли приєднання вікон чи інших конструкцій) не повинна опускатися нижче точки роси. Точка роси залежить від температури й вологості повітря в приміщенні і становить температуру, при якій водяна пара починає конденсуватися з повітря.

## 2.7 Новітні будівельні технології та процеси

Досягнення будівельної науки й техніки останніх десятиліть і років дозволяють прискорити будівельні процеси, поліпшити якість виконання будівельних робіт та кінцевих продуктів будівництва. Зміни в технології зведення будівельних об'єктів часто змушують змінювати їх проекти, узгоджуючи конструкції з новими способами їх виготовлення та зведення. Описи багатьох новинок будівельної галузі можна знайти в мережі Internet. Нижче вибірково описані лише окремі технологічні новинки, які дають уявлення про нові можливості будівництва.

*Технології автоматизованого проектування* будівельних об'єктів базуються на використанні сучасної обчислювальної техніки. Їх часто називають BIM-технологіями від англійського терміну "Building Information Modeling" тобто "інформаційне моделювання будівель". Суть BIM-технології полягає у створенні інформаційної моделі, яка дозволяє бачити проєкт в цілому та аналізувати його на усіх стадіях процесу проектування, зведення та експлуатації будівельного об'єкта:

- розроблення загальної концепції об'єкта;
- розроблення основних креслень планів, фасадів, перерізів;
- тривимірне представлення об'єкта;
- виконання розрахунків та робочих креслень конструкцій;
- аналіз тривалості й вартості будівництва;
- планування процесу експлуатації об'єкта.

Застосування BIM-технологій дозволяє змоделювати та всесторонньо оцінити різні проєктні рішення вже на стадії проектування, забезпечує повний автоматизований контроль усіх процесів і таким чином гарантує високу якість проєктних і будівельних робіт. Поширення BIM-технологій на стадії зведення та експлуатації об'єкта дозволяє охопити усі стадії його життєвого циклу.

При проектуванні будівельних об'єктів використовуються програмні комплекси та системи автоматизованого проектування (САПР), які за призначенням та можливостями можна умовно об'єднати в такі групи:

- Програми для тривимірного моделювання та розроблення креслень будівель, споруд і будівельних конструкцій – Revit, ArchiCAD, AutoCAD, ALLPLAN, Tekla Structures. Вони є досить розвинутими, але відрізняються спеціалізацією, можливостями та сферами раціонального використання. Наприклад, програмний комплекс ArchiCAD переважно зорієнтований на архітектурне проектування з просторовим поданням

будівельних об'єктів. Він навіть дозволяє "зайти" в приміщення та оглянути їх інтер'єри. AutoCAD орієнтовано на 3D моделювання та розроблення конструктивних креслень з усіма необхідними розмірами і взаємною ув'язкою окремих конструкцій та елементів. Комплекс Revit дозволяє різним виконавцям розроблювати різні елементи будівлі (об'ємно-планувальні рішення, огорожувальні та несучі конструкції, системи опалення, водопостачання, водовідведення), узгоджувати ці розробки між собою та об'єднувати в один проєкт. У середовищі Tekla Structures особливо зручно моделювати металеві конструкції, від загального компоновання конструктивної схеми і до розроблення робочих креслень.

- Програми для моделювання та розрахунків несучих будівельних конструкцій – Scad Office, ЛИРА, Robot Structural Analysis Professional, ANSYS, Autodesk Nastran, SolidWorks та інші виконують розрахунки за методом скінчених елементів. Вони дозволяють формувати оригінальні та обирати типові розрахункові схеми конструкцій, визначати внутрішні зусилля і навіть підбирати перерізи елементів з використанням сортаментів прокатних профілів та інших довідкових даних, які містяться у вбудованих базах даних. Окрім того, можна моделювати й розраховувати вузлові з'єднання елементів, а також виконувати динамічні розрахунки, наприклад на вплив землетрусу. Зручні можливості зміни розрахункових схем, типів і розмірів перерізів елементів дозволяють оптимізувати конструкції.
- Програма THERM забезпечує двомірне моделювання температурних полів і процесів теплопередачі через огорожувальні конструкції, дозволяє за заданою конструкцією вузла виявити розподіл температур в товщі та на поверхнях огорожень і таким чином оцінити відповідність конструкції до вимог норм.

Перелічені вище та інші подібні програмні комплекси дозволяють істотно прискорити процеси проєктування, оптимізувати проєктні рішення та звести до мінімуму кількість помилок і недосконалостей в проєктах.

**Модульні рішення** будівель і споруд полягають у тому, що будь-які конструкції монтуються із заздалегідь виготовлених однотипних модулів великої заводської готовності. Таким чином забезпечується уніфікація конструкцій та різко прискорюється їх монтаж. Цей принцип було реалізовано ще в минулому столітті при зведенні житлових будинків із залізобетонних об'ємних блоків. Блоки розміром в кімнату виготовлялися

на домобудівельних комбінатах і часто поставлялися на місце монтажу зі змонтованими віконними блоками і навіть з виконаним внутрішнім опорядженням. На будівельному майданчику такий блок краном знімався з автотранспортеру, встановлювався на своє місце в структурі будинку і прикріплювався до раніше змонтованих блоків. Залишалося герметизувати шви між блоками та завершити опорядження й монтаж інженерних систем.

У якості сучасного прикладу можна навести будівництво готелю «Т30 Hotel» в Китаї. 30-поверхова будівля була змонтована із попередньо виготовлених блоків протягом 15 днів. Процес заводського виготовлення цих блоків тривав близько чотирьох місяців. Монтаж одного з блоків та загальний вигляд будівлі показано на рисунку 2.31. Недоліком модульного рішення є певна одноманітність і навіть примітивність архітектурних рішень, але переважає економічність і швидкість зведення будівель.

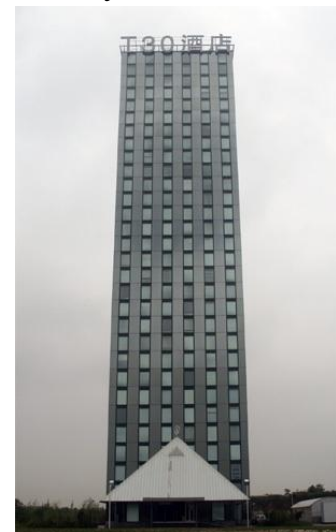


Рисунок 2.31 – монтаж модуля перекриття і загальний вигляд будівлі "Т30 Hotel"

*Легкі сталеві тонкостінні конструкції* (ЛСТК) виконуються з профілів різних форм, які отримують шляхом гнуття листової сталі товщиною до 3 мм. З них зводяться каркаси будівель, подібні до зображеного на рисунку 2.32, надбудови для мансард та інші конструкції. Змонтований каркас обшивається легкими огороженнями типу сандвіч-панелей з ефективними теплоізоляційними матеріалами.



Рисунок 2.32 – Каркас будівлі з легких сталевих конструкцій

При зведенні ЛСТК не потрібні потужні підйомні крани, монтаж виконується швидко, а невелика вага отриманого каркасу та легких огорожень створюють незначні навантаження на фундаменти. ЛСТК доцільно використовувати як у новому будівництві, так і при реконструкції існуючих будівель.

**Незнімна опалубка** застосовується при зведенні монолітних залізобетонних конструкцій. На відміну від звичайної інвентарної опалубки, вона залишається в конструкції після твердіння бетону. Можливі варіанти незнімної опалубки зображені на рисунку 2.33.

Для зведення стін використовуються пінопластові чи інші легкі збірні блоки, які дозволяють встановити вертикальні та горизонтальні арматурні стержні, формують бетонну несучу частину стіни та виконують роль теплоізоляційного шару при експлуатації будівлі.

Досить поширеним є використання сталевого профільованого настилу при зведенні монолітних залізобетонних перекриттів. Настил повинен витримати вагу свіжовкладеної бетонної суміші, а після її твердіння виконує роль робочої арматури, яка сприймає зусилля розтягу в нижній частині бетонної плити. За необхідності можна встановити в плиту додаткові арматурні сітки чи стержні. Таким чином отримують комплексну конструкцію, яку прийнято називати сталезалізобетонною.

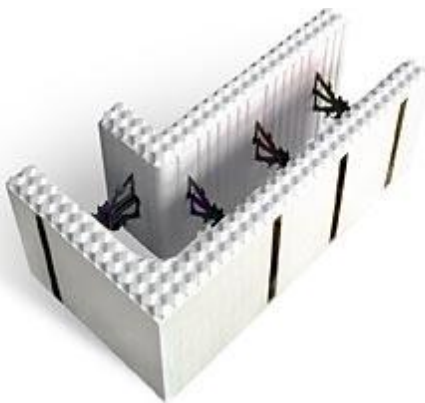


Рисунок 2.33 – Незнімна опалубка з пінопластових блоків та з профільованого настилу

**Технологія 3D-друку** дозволяє в автоматичному режимі виготовляти будівельні деталі й навіть зводити цілі будівлі. Сучасні будівельні 3D-принтери, приклади яких показані на рисунку 2.34, мають зону друку розміром до 10 м і більше та дозволяють формувати деталі з бетону й пластичних мас. Друк 3D-принтером дозволяє швидко створювати деталі таких форм, які складно чи навіть неможливо виготовити традиційними методами. Використання інтелектуальних систем управління забезпечує

високу точність і якість виготовлення деталей зі спеціальних бетонних сумішей або пластичних мас, а також економію будівельних матеріалів за рахунок точного дозування.



*Contour Crafting 3D printing system*



*CyBe Construction CyBe RC 3Dp*

Рисунок 2.34 – Будівельні 3D-принтери

**Використання екологічних і “розумних” матеріалів**, які можуть змінювати свої властивості в залежності від зовнішніх умов. Екологічні матеріали створюються шляхом переробки природної сировини (глина, силікати, камінь, дерево, бамбук) з високими механічними чи тепловими характеристиками. “Розумні” матеріали за рахунок різних фізичних або фізико-хімічних ефектів можуть реагувати на зміни у навколишньому середовищі. У якості прикладів можна навести самовідновлюваний бетон, який “заживляє” тріщини; покриття для стін, які залежно від зовнішніх умов можуть змінювати температуру; матеріали з антибактеріальними властивостями; вікна змінної прозорості; прозорі сонячні панелі, які можна використовувати у якості віконного скла.

Особливе місце займають матеріали, створені на базі використання наночастинок, які дозволяють істотно підвищити міцність, стійкість до зношування, енергоефективність та інші параметри відомих матеріалів. Нанодобавки в бетоні розширюють можливості 3D-друку. Наночастки можуть поліпшити характеристики теплоізоляційних матеріалів, а покриття для вікон зменшує теплопередачу через скло.

Ще одним ефективним матеріалом є проникаюча гідроізоляція, яка дозволяє захистити від води поверхні будівельних конструкцій як у процесі будівництва, так і при експлуатації вже готових об’єктів. На зволожену поверхню наноситься порошкоподібна субстанція, яка проникає в мікропори матеріалу. Утворені в порах кристали не пропускають воду, але пропускають повітря та водяну пару з середини матеріалу.

**Сонячні панелі** та інші альтернативні джерела енергії дозволяють підвищити енергетичну ефективність будівель, а в окремих випадках зробити їх практично автономними. Сонячні панелі найчастіше монтують на дахах, як це показано на рисунку 2.35, але їх можна встановлювати та фасадах та інших елементах будівель (вікна, балкони тощо).



Рисунок 2.35 – Сонячні панелі на плоскому та похилому даху будівлі

Окрім сонячних панелей, альтернативними джерелами енергії можуть бути вітрові турбіни, геотермальні системи, теплові насоси та біореактори. Вони використовуються окремо або в комплексі з сонячними панелями. Використання сонячних панелей, які активно впроваджуються в Україні, відкриває нові шляхи до створення екологічно чистих та енергоефективних будівель.

**Концепція "розумний дім"** дозволяє підвищити комфортність та енергетичну ефективність будівель шляхом використання інтелектуальних систем управління. Такі системи можуть забезпечувати:

- регулювання освітлення за сценарієм, управління через смартфон;
- клімат-контроль згідно з заданим розкладом роботи, дистанційне керування опаленням, кондиціонерами, жалюзі;
- контроль безпеки, в тому числі відеоспостереження, робота датчиків руху та відкриття вікон і дверей, імітація присутності, контроль підтікань та якості повітря, резервне живлення критичних систем;
- сценарії поведінки в різний час доби, запуск приладів за розкладом;
- енергозбереження шляхом аналізу й оптимізації витрат енергії, а також віддаленого контролю;
- роботу інтегрованих мультимедіа за розкладом чи командами.

Керування усіма функціями системи управління будинком може здійснюватися з пульта управління, голосом та через смартфон, у тому числі віддалено. Наприклад, можна з іншого міста дати команду на доведення температури в приміщеннях до бажаного значення.

## 2.8 Видатні будівлі та споруди світу й України

Досягнення будівельної науки й техніки добре відображаються рекордними будівлями та спорудами, які мають надзвичайно великі розміри у плані, висоту, протяжність чи інші параметри. Зазвичай такі об'єкти мають цілком утилітарне призначення, але часом їх параметри обираються настільки великими не з технологічних міркувань, а саме з метою встановлення своєрідного рекорду. Нижче наведено перелік існуючих у наш час будівельних об'єктів, рекордні параметри яких яскраво демонструють можливості сучасного будівництва.

**Висотні будівлі та споруди** охоплюють будинки-хмарочоси, телекомунікаційні щогли та вежі, опори ліній електропередач, бурові платформи та опорні башти мостів. До найвищих у світі висотних будівель і споруд відносяться:

- Хмарочос Бурдж Халіфа висотою 828 м, зведений у 2010 році в Дубаї.
- Хмарочос Merdeka 118 висотою 679 метрів, здана в експлуатацію у 2024 році в м. Куала-Лумпур (Малайзія).
- Сталева телекомунікаційна та оглядова вежа Токійське Небесне дерево висотою 634 м, побудована у 2012 році в Токіо.
- Хмарочос Шанхайська вежа висотою 632 м, побудована у 2013 році.
- Телекомунікаційна вантова щогла KVLV-TV висотою 629, побудована у 1963 році в Бланчард (Північна Дакота, США).
- Морська нафтовидобувна платформа Петроніус загальною висотою 610 м і надводною висотою 75 м, побудована в 2000 році в Мексиканській затоці.



Рисунок 2.36 – Нафтовидобувна платформа Петроніус (схема й надводна частина)



Рисунок 2.37 – Бурдж Халіфа, Шанхайська башта, Токійське небесне дерево

До найвищих будівель та споруд України слід віднести:

- Радіотелевізійна вежа в Києві висотою 385 м, побудована у 1973 році.
- Вінницька телевізійна щогла висотою 354 м, побудована у 1961 році.
- Житловий комплекс "Кловський" висотою 168 м, побудований у 2014 році в Києві.
- Бізнес-центр "Гулівер" висотою 160 м, зведений у 2013 році в Києві.
- Бізнес-центр "Парус" висотою 150 м, побудований у 2007 році в Києві.

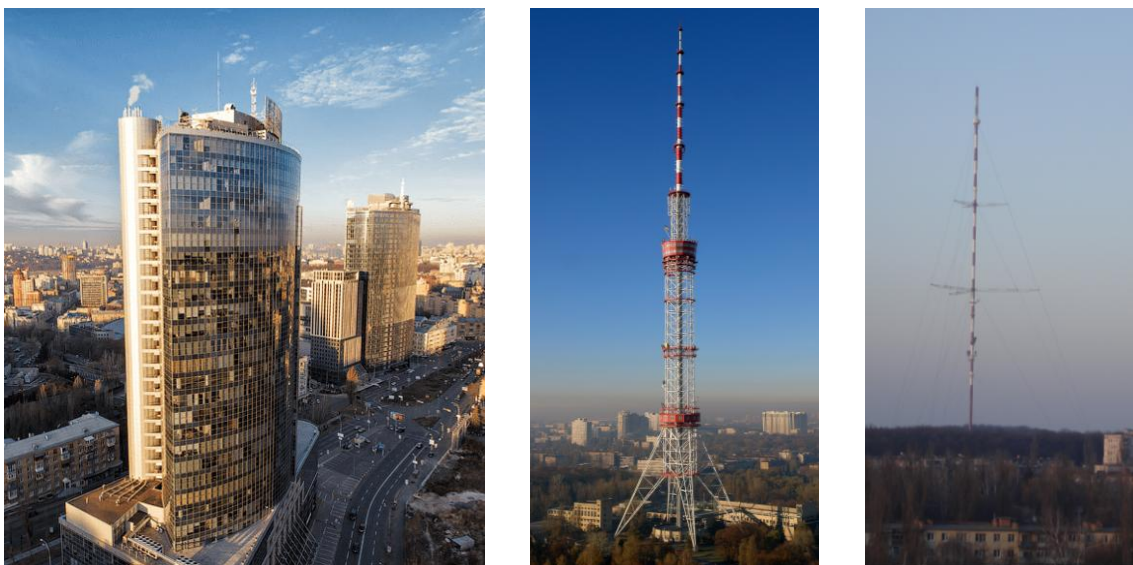


Рисунок 2.38 – Висотні будівлі та споруди України: Бізнес-центр Парус, Київська телевізійна вежа, Вінницька телевізійна вантова щогла

*Найбільші за площею будівлі* мають виробниче та громадське призначення. До них можна віднести:

- Квітковий аукціон – складське приміщення площею 520257 м<sup>2</sup>, побудоване у 1972 році в м. Аалсмер, Нідерланди.
- Торгівельний центр Dubai Mall площею 501676.4 м<sup>2</sup>, побудований у 2008 році в Дубаї.
- Фабрика Tesla площею 492386 м<sup>2</sup>, побудована у 1962 році у м. Фремонт штату Каліфорнія.
- Техаський технологічний парк Daikin площею 464515 м<sup>2</sup>, побудований у 2016 році поблизу Х'юстона.
- Завод Boeing Everett площею 371113 м<sup>2</sup>, побудований у 1967 році у м. Еверетт штату Вашингтон.



Рисунок 2.39 – Фабрика Tesla у м. Фремонт



Рисунок 2.40 – Техаський технологічний парк Daikin



Рисунок 2.41 – Торгівельний центр Dubai Mall

***Найбільші готелі*** визначаються за кількістю номерів:

- Перший світовий на 7351 номер має 28 поверхів, побудований у 2001 році в Нагір'ї Джентінг, Малайзія.
- Венеціанський та Палаццо на 7117 номерів має 53 поверхи, побудований у 1999 році в м. Лас-Вегас, штат Невада, США.
- MGM Grand та The Signature на 6852 номери має 38 поверхів, побудований у 1993 році в м. Лас-Вегас, штат Невада, США.
- Міський центр на 6700 номерів має 49 поверхів, побудований у 2009 році в м. Лас-Вегас, Невада, США.
- Сендс Котай Центральний на 6000 номерів має 39 поверхів, побудований у 2012 році в м. Макао, Китай.

Усі ці готелі, окрім можливості проживання, надають інші послуги: СПА-процедури, майданчики розваг, численні бутики та ресторани.



Рисунок 2.42 – Готель MGM Grand та The Signature в Лас-Вегасі



Рисунок 2.43 – Готель Перший світовий у Малайзії



Рисунок 2.44 – Готель Сендс Котай Центральний у Китаї

**Найбільші мости** вирізняють за загальною довжиною, найбільшим прольотом, найбільшою висотою над водою та найвищими пілонами. Мости з великою загальною довжиною з'єднують острови китайських та японських архіпелагів. Як правило, це цілі комплекси споруд, які є відрізками магістральних доріг.

Найбільший проліт має Великий міст протоки Акасі в Японії. Він побудований у 1998 році як частина магістралі «Хонсю-Сікоку» та з'єднує місто Кобе на острові Хонсю з островом Авадзі. Загальна довжина мосту становить 3911 м, центральний вантовий проліт має довжину 1991 м, а висота пілонів становить 297 м.



Рисунок 2.45 – Великий міст протоки Акасі в Японії

Найдовшим у світі є Великий міст Дан'ян-Куньшань, побудований у Китаї в 2010 році для прискорення руху автомобілів і швидкісних поїздів між Пекіном та Шанхаєм. Міст має загальну довжину 165 км, ширину полотна 79 м та середню висоту над поверхнею близько 30 м і з'єднує міста Шанхай і Нанкін. Більшою частиною він представляє собою віадук, який проходить над сушею в рівнинній та гірській місцевості та складається з послідовності балкових, арочних та вантових прольотів.

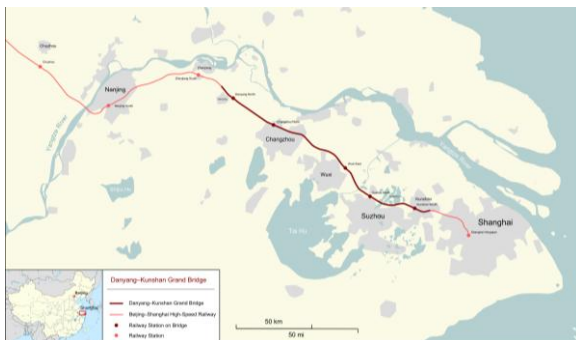


Рисунок 2.46 – Великий міст Дан'ян-Куньшань: траса моста й надземна частина



Рисунок 2.47 – Великий міст Дан'ян-Куньшань: надводні частини

Найдовшим мостом в Україні є Мерефо-Херсонський міст у Дніпрі. Це багатопролітний арковий залізничний міст через р. Дніпро загальною довжиною 1610 м, зведений у 1932 році.

Автомобільний Північний міст у Києві, зведений у 1976 році, має вантову конструкцію з двома прольотами: 816 м через Дніпро та 732 м через Десенку. Висота пілону становить 119 м.



Рисунок 2.48 – Мерефо-Херсонський залізничний міст у Дніпрі



Рисунок 2.49 – Північний автомобільний вантовий міст у Києві

Найвищим мостом в Україні є автомобільний міст "Стрімка лань", або Чернівецький міст у Кам'янці Подільському, побудований у 1973 році. Він пролягає над глибоким каньйоном р. Смотрич і має висоту 54 м, ширину проїжджої частини 14 м і тротуари шириною 2,5 м. Відстань між опорами становить 174 м, а загальна довжина моста 379 м.

Міст імені Патона, побудований у 1953 році в Києві, став першим у світі великим суцільнозварним мостом. Автомобільний міст через Дніпро складається з 26 балкових прольотів загальною довжиною 1543 м. Ширина проїзної частини становить 21 м, а тротуарів – 3 м. При монтажі моста було зварено понад 10 км зварних швів.



Рисунок 2.50 – Чернівецький міст у Кам'янці Подільському



Рисунок 2.51 – Міст Патона в Києві

Інгульський автомобільний міст у Миколаєві має ширину 18,5 м та загальну довжину 422 м. Розвідний проліт дозволяє пропускати великі судна, що є важливим для суднобудівного заводу.

Досить цікавими є також Австрійський залізничний міст, збудований у 1895 р. поблизу с. Ворохта у формі арок з кам'яної кладки, та подібний до нього Тернопільський віадук біля с. Плебанівка.



Рисунок 2.52 – Інгульський автомобільний міст у Миколаєві



Рисунок 2.53 – Австрійський залізничний міст поблизу с. Ворохта

Найстарішим в Україні вважається Замковий, або Турецький міст у Кам'янці Подільському, який збудували древні римляни у II столітті, а пізніше турки обклали аркову конструкцію суцільною кам'яною кладкою.

**Найдовші діючі тунелі світу**, призначені для водопостачання, залізничного та автомобільного руху, а також для поїздів метро:

- Делаверський акведук довжиною 137 км, пробурений у 1945 році в суцільній гірській породі для постачання води у місто Нью-Йорк. Має ширину 4,1 м і подає близько 5 млн м<sup>3</sup>/день. Частково проходить над поверхнею землі;
- Лердальський автомобільний тунель довжиною 25 км, побудований у 2000 році в Норвегії;

- Євротунель довжиною 50 км, побудований у 1994 році під протокою Ла-Манш між Францією та Великобританією. Це найдовший міжнародний тунель з найдовшою підводною частиною довжиною 39 км є другим за довжиною тунелем з двохпутною залізничною колією та автомобільним рухом (після Готтардського базисного тунелю в Альпах довжиною 57 км).
- П'ята лінія Сеульського метрополітену довжиною 48 км (з проміжними станціями), побудована в 1996 році в Південній Кореї.



Рисунок 2.54 – Делаверський акведук



Рисунок 2.55 – Лердальський тунель

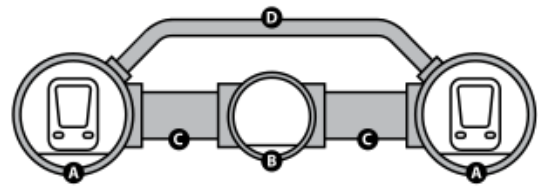
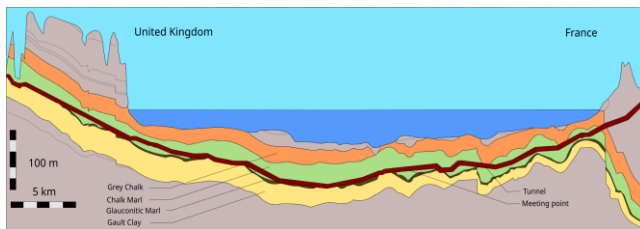


Рисунок 2.56 – Поздовжній і поперечний перерізи Євротунелю між Великобританією і Францією

В Україні найдовшими є тунелі метрополітену, зокрема Оболонсько-Теремківська лінія довжиною 21 км, яка будувалася протягом 1976...2013 років. Найбільшими залізничними тунелями є побудований у 1915 році Лутугинський тунель Донецької залізниці довжиною 2 км та Новий Бескидський тунель в Карпатах довжиною 1822 м, завершений у 2017 році.

**Оглядові колеса та оглядові майданчики** є атракціонами для огляду краєвидів, знаковими пам'ятками міст та рекламними об'єктами для демонстрації досягнень будівельної техніки. Як приклади найбільших оглядових коліс варто навести:

- Айн-Дубай (Дубайське око) введене в дію в 2021 році. Воно має висоту 250 м, 48 закритих кабінок та одночасно вміщує 1750 глядачів. Колесо здійснює один оберт за 38 хвилин.

- Високий Ролер (High Roller) побудований у Лас-Вегасі (штат Невада, США) у 2014 році. Колесо має висоту 167 м, складається з 28 кабінок на 40 осіб кожна та здійснює один оберт протягом 30 хвилин.
- Мельбурнська зірка остаточно введена в експлуатацію у 2014 році в Мельбурні, Австралія. Колесо має висоту 120 м.



Рисунок 2.57 – Дубайське око



Рисунок 2.58 – Мельбурнська зірка

Оглядові майданчики часто встановлюються на інших спорудах, наприклад на башті Ейфеля, телевізійній башті в Берліні, Триумфальній арці в Парижі, багатьох інших будівлях і спорудах. Існують також окремі, досить оригінальні оглядові майданчики, приклади яких наведені нижче.



Рисунок 2.59 – Небесний міст Лангкаві, Малайзія



Рисунок 2.60 – Кафедра проповідника, Норвегія

Наведений перелік видатних будівель і споруд є лише вибіркоким, але добре демонструє сучасні досягнення будівельної техніки. Велику кількість описів видатних і рекордних споруд усіх часів можна легко знайти в мережі Internet.

## Розділ 3. ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА

### 3.1 Інженерні вишукування, проєктування та кошторисна справа

*Інженерні вишукування* для будівництва проводяться з метою забезпечення необхідною для проєктування інформацією про природні та техногенні умови ділянки майбутньої забудови. Вишукування в складних геологічних умовах та для об'єктів з високим рівнем відповідальності повинні виконувати спеціалізовані організації, які мають необхідне технічне оснащення та фахівців. Склад, обсяг та порядок проведення вишукувальних робіт визначається на підставі чинних нормативних документів, зокрема ДБН А.2.1-1-2008 "Інженерні вишукування для будівництва". Види та основні завдання інженерних вишукувань:

- Інженерно-геодезичні вишукування проводяться з метою отримання топографічних планів для розроблення проєкту та побудови картографічних моделей різного характеру, отримання геометричних параметрів існуючих об'єктів та створення інженерно-геодезичної основи для фіксації просторового положення запроєктованого об'єкта. Геодезичні вишукування можуть виконувати як фахівці з геодезії чи землевпорядкування, так і інженери-будівельники.
- Інженерно-геологічні вишукування виконують з метою вивчення геологічних умов ділянки майбутньої забудови, тобто ґрунтів, які залягають на майданчику і можуть бути основою для майбутньої будівлі чи споруди. До складу цих вишукувань зазвичай входять: попереднє вивчення й обстеження території, геофізичні, бурові та гірничопрохідницькі роботи із відбором зразків ґрунту, польові та лабораторні дослідження ґрунтів для визначення їх фізико-механічних характеристик, гідрогеологічні вишукування. Вказані дослідження можуть виконувати інженери-будівельники та геологи.
- Інженерно-гідрометеорологічні вишукування проводяться з метою вивчення атмосферних впливів та інших кліматичних факторів, а також водного режиму будівельного майданчика, зокрема ґрунтових вод і наземних водойм. Зазвичай гідрометеорологічні дослідження зводяться до поглибленого аналізу наявних результатів метеорологічних та гідрологічних досліджень, але при проєктуванні особливо відповідальних об'єктів можуть проводитися додаткові спостереження безпосередньо на будівельному майданчику. Ці роботи виконуються окремо або включаються до складу геологічних досліджень.

- Екологічні вишукування виконуються для аналізу можливого впливу будівництва та експлуатації нового об'єкта на природу, а також для прогнозування впливу природних факторів на зведений об'єкт. Екологічні вишукування можуть включати фізико-хімічний аналіз ґрунту, наземних і ґрунтових вод, дослідження стану повітря, рівня шуму, вібрацій, електромагнітного випромінювання та радіації. За результатами екологічних досліджень робляться висновки щодо придатності майданчика до будівництва та розробляються заходи по захисту довкілля від шкідливого впливу нового об'єкта під час його будівництва та експлуатації.

**Проектування будівельних об'єктів** є складним багатоетапним процесом, який здійснюють проектні організації за замовленням місцевих органів влади, підприємств, організацій і фізичних осіб. Особою, відповідальною за розроблення проекту, є головний інженер або головний архітектор проекту, який повністю керує розробленням, узгоджує всі частини проекту, від імені проектної організації взаємодіє з замовником, будівельною організацією та контролюючими органами влади. Після завершення проектування головний інженер проекту організовує авторський нагляд за будівництвом.

Робота над проектом розпочинається з **передпроектних робіт**, у процесі яких розробляються концепції об'ємно-просторових та містобудівних архітектурних рішень, обґрунтовується вибір земельної ділянки, технологічні та інженерні характеристики об'єкта, проводяться інженерні вишукування. Результатом цієї роботи є **ескізний проект**, який після обговорення стає основою для подальшого проектування.

Проектування простих об'єктів здійснюється в одну стадію, яку називають робочим проектом. Складні та відповідальні об'єкти проектуються у дві або три стадії: техніко-економічне обґрунтування, проект і робоча документація.

- Ескізний проект розробляють з метою принципового визначення основних вимог до функціональних, архітектурних і технічних рішень об'єкта. Можуть виконуватися інженерні розрахунки та розробки, а також орієнтовні розрахунки кошторисної вартості.
- Техніко-економічне обґрунтування доцільності будівництва та варіантів вирішення виробничого об'єкта розробляється на підставі даних передпроектних робіт і завдання на проектування.

- Проект є основною стадією проектування, яка підлягає затвердженню. Він розробляється відповідно до державних нормативних документів і містить усі технологічні, містобудівні, архітектурні, інженерно-технічні рішення, обґрунтовані розрахунками будівельних конструкцій, а також розрахунки кошторисної вартості об'єкта.
- Робоча документація розробляється на основі затвердженого проекту та містить робочі креслення, потрібні для виконання будівельно-монтажних робіт, специфікації виробів і матеріалів та кошториси.
- Робочий проект об'єднує стадії "проект" і "робоча документація" та повинен містити практично всі документи, характерні для цих стадій проектування. Ця стадія реалізується для нескладних об'єктів, а також при реконструкції об'єктів.

Інженерна діяльність у процесі проектування будівельних об'єктів полягає у виконанні різноманітних спеціалізованих робіт, у тому числі:

- розроблення технологічної схеми виробництва, для якого проектується будівля;
- просторове планування об'єкта в цілому та його частин;
- розроблення конструктивної схеми, обґрунтування типів несучих та огорожувальних конструкцій, вибір типових конструкцій і виробів;
- виконання розрахунків та конструювання несучих конструкцій;
- розроблення робочих креслень усіх конструкцій та вузлів.

**Кошторисна документація** є частиною проекту, яка розробляється з метою визначення вартості будівництва об'єкту. Вона містить перелік усіх робіт, необхідних для зведення об'єкту, з урахуванням трудомісткості та вартості виконання цих робіт, вартості необхідних матеріалів, вартості використання техніки та інших накладних витрат. Розрахунки повинні виконуватися згідно з затвердженими державою кошторисними нормами та ринковою вартістю будівельних матеріалів і виробів.

Для складання кошторисів розроблені програмні комплекси, найбільш поширеними з яких є АВК-5 та СТС. Ці програми виконують розрахунки та містять бази даних з трудомісткості та вартості виконання будівельно-монтажних робіт різних видів. Вихідними даними є повний перелік та обсяги робіт, необхідні для зведення об'єкта. Це вимагає від кошторисника наявності інженерної освіти, яка надає йому знання про конструкції будівельних об'єктів та роботи, які необхідно виконати для їх спорудження. Інженерна освіта забезпечує також уміння визначати необхідні кількості будівельних матеріалів та виробів, обсяги будівельних робіт та умови їх виконання, від яких залежать розцінки на ці роботи.

### **3.2 Виготовлення будівельних матеріалів та виробів, зведення будівель і споруд**

*Виготовлення будівельних матеріалів, виробів і конструкцій* здійснюється спеціалізованими підприємствами будівельної індустрії. Спеціалізація заводів, використання необхідного високопродуктивного обладнання, потокова чи конвеєрна організація праці, упровадження систем управління якістю та контролю виробничих процесів забезпечують випуск якісної продукції, високу продуктивність праці та здешевлення виробництва. Підприємства будівельної індустрії виробляють таку основну продукцію:

- заводи металевих конструкцій – сталеві несучі конструкції (колони, балки, ферми, структурні плити, опори зв'язку та ліній електропередачі, елементи мостів тощо), листові конструкції (резервуари, газгольдери, силоси та бункери) за робочими кресленнями;
- заводи збірного залізобетону – залізобетонні вироби (крупні стінові та фундаментні блоки, перемички, палі тощо) та залізобетонні конструкції (балки, ферми, плити перекриття, стінові панелі) за стандартами та робочими кресленнями;
- заводи будівельної кераміки – керамічну цеглу, дрібні стінові блоки, облицювальну плитку згідно зі стандартами на ці вироби;
- підприємства з виготовлення дерев'яних конструкцій – огорожувальні й несучі конструкції з деревини (зокрема, клеєні конструкції) за робочими кресленнями, столярні вироби для будівництва за стандартами та робочими кресленнями;
- бетонні заводи – товарний бетон різних видів і марок, розчинові суміші на основі цементу чи вапна згідно з вимогами стандартів;
- асфальтобетонні заводи – асфальтобетон різних видів та марок для дорожнього будівництва, дрібнозернистий асфальтобетон для стяжок згідно з вимогами стандартів.

Окрім того, працюють вузькоспеціалізовані підприємства та окремі цехи й ділянки у складі інших заводів чи крупних будівельних організацій з виготовлення окремих видів продукції, наприклад: керамзиту, стінових блоків з легкого та ніздрюватого бетону, бетонних і розчинових сумішей, тротуарної плитки, гіпсокартону, плит на основі деревини, кам'яного литва, мінеральної вати і виробів з неї, пінопластових теплоізоляційних матеріалів, металопластикових вікон і дверей та багатьох інших видів продукції для будівництва.

Випускники бакалаврату й магістратури спеціальності G19 можуть працювати на підприємствах будівельної індустрії на посадах техніків та інженерів: начальників цехів та відділень, технологів з підготовки виробництва, інспекторів з якості продукції та з охорони праці, фахівців з нормування праці, конструкторів, керівників лабораторій та лаборантів.

**Зведення будівель і споруд** потребує виконання низки будівельно-монтажних робіт різних видів, у тому числі:

- земляні роботи з улаштування котлованів під підвали й фундаменти та траншей для комунікацій;
- укріплення основ та улаштування фундаментів різних типів (стрічкових, збірних і монолітних стовпчастих, пальових);
- монтаж залізобетонних або сталевих конструкцій каркасів;
- монтаж панельних стін та перекриттів;
- мурування несучих та самонесучих стін з цегли чи стінових блоків;
- улаштування дахів, утеплення та гідроізоляція покриттів;
- монтаж віконних та дверних блоків, скління еркерів та лоджій;
- фасадне утеплення зовнішніх стін з монтажем навісних індустріальних систем чи скріпленої теплоізоляції;
- монтаж зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж (електричних, опалення, газопостачання, водопостачання, каналізації);
- благоустрій території довкола будівлі з плануванням, озелененням, улаштуванням доріг і тротуарів;
- улаштування підлог і внутрішнє опорядження приміщень.

Усі перелічені роботи виконують будівельні організації, які можуть бути універсальними або спеціалізуватися за переліченими видами робіт чи за призначенням будівель та споруд (котеджі, багатоповерхові житлові, громадські, виробничі, сільськогосподарські будівлі, висотні споруди, дороги, мости та інші споруди). Спеціалізація дозволяє будівельним організаціям готувати необхідні кадри, розвивати допоміжні виробництва, використовувати спеціалізоване обладнання і таким чином підвищувати продуктивність праці, швидкість і якість виконання робіт.

Випускники бакалаврату й магістратури спеціальності G19 можуть працювати в будівельних організаціях на посадах техніків та інженерів: майстрів, виконробів та начальників дільниць, геодезистів, фахівців з планування виробництва, нормування та охорони праці, інженерів і техніків груп з розроблення проєктів організації будівництва, керівників і працівників випробувальних лабораторій.

### **3.3 Технічна експлуатація, ремонти, реконструкція та відновлення будівель і споруд**

Згідно з чинними Державними будівельними нормами України, реконструкцією вважається перебудова будівельного об'єкта зі зміною його геометричних розмірів, функціонального призначення та основних техніко-економічних параметрів. При цьому повністю або частково зберігаються несучі та огорожувальні конструкції. На час проведення реконструкції експлуатація об'єкта призупиняється. У результаті проведення реконструкції зростає функціональність, енергоефективність, безпека та комфорт будівлі.

Капітальний ремонт будівельного об'єкта виконується з метою поліпшення його експлуатаційних характеристик і передбачає можливість зміни несучих та огорожувальних конструкцій, а також інженерних систем, але без зміни загальних геометричних розмірів та функціонального призначення об'єкта в цілому.

Відновлення сильно пошкоджених або частково зруйнованих будівельних об'єктів може здійснюватися шляхом реконструкції, капітального ремонту або реставрації. Як правило, частиною відновлення є часткова заміна або підсилення несучих та огорожувальних конструкцій.

Комплекс робіт з реконструкції, капітального ремонту чи відновлення будівельних об'єктів виконуються в декілька етапів:

- Аналіз потреб і вимог до об'єкта. Необхідно встановити функціональне призначення будівлі після реконструкції чи відновлення, а також які характеристики повинні бути поліпшені в результаті реконструкції чи капітального ремонту. При зміні призначення слід розробити схему технологічного процесу, узгодивши її з наявною конструкцією будівлі. Необхідно орієнтовно задати технічні характеристики будівлі, які мають бути забезпечені у результаті реконструкції (несуча здатність конструкцій, необхідна для монтажу нового обладнання, теплові характеристики тощо).
- Технічне обстеження будівлі з метою оцінювання стану конструкцій та інженерних систем, можливостей їх подальшого використання та поліпшення. Здійснюється звірка фактично наявних конструкцій з первісною проектною документацією, а при її відсутності виконуються обмірювальні креслення. Складаються відомості дефектів і пошкоджень конструкцій та попередньо намічаються елементи, які раціонально повністю замінити (наприклад, старі вікна чи сантехніку).

- Розробка концепції реконструкції чи капітального ремонту на основі порівняння можливих варіантів архітектурних, планувальних і конструктивних рішень. Це може потребувати виконання перевірочних розрахунків несучих конструкцій для оцінювання можливості їх подальшого використання чи необхідності підсилення.
- Розроблення проєкту реконструкції, ремонту чи відновлення об'єкта відповідно до обраного варіанту концепції. Розробляються архітектурні креслення, виконуються детальні розрахунки несучих конструкцій та виконуються робочі креслення для їх підсилення, приймаються та оформлюються необхідною робочою документацією рішення щодо огороджувальних конструкцій, інженерних систем, внутрішнього та зовнішнього опорядження будівлі, складаються кошториси на виконання робіт. Робочий проєкт реконструкції розроблюється у відповідності до чинних стандартів і будівельних норм, погоджується й затверджується у встановленому порядку.
- Підготовчі роботи полягають у демонтажі існуючих конструкцій та інженерних систем, очищенні приміщень, замовленні й закупівлі необхідних матеріалів і виробів, а також у виготовленні нестандартних конструкцій згідно з робочими кресленнями на реконструкцію.
- Виконання будівельних робіт відповідно до проєкту реконструкції, монтаж інженерних систем, виконання опоряджувальних робіт та установка обладнання. Ведеться постійний контроль якості робіт підрядником, замовником та проєктною організацією.
- Приймальний контроль якості виконання робіт за проєктом та здача об'єкта в експлуатацію.

При реконструкції, капітальних ремонтах та відновленні будівельних об'єктів особлива увага приділяється використанню ефективних матеріалів, конструкцій, проєктних рішень і технологій, які забезпечують підвищення функціональності, енергоефективності та надійності будівельних об'єктів. Виконання цих вимог повинні забезпечити інженери-будівельники, які беруть участь в обстеженнях, проєктуванні та реалізації робіт з реконструкції. Необхідність розроблення нестандартних технічних рішень вимагає особливо високої кваліфікації інженерних працівників на усіх етапах здійснення реконструкції, капітальних ремонтів чи відновлення будівель і споруд.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Література, рекомендована силабусом навчальної дисципліни "Вступ до будівельної справи".
2. Вступ до будівельної справи: Навчальний посібник. / П.М. Чабаненко та ін. Одеса : ОДАБА, 2012. 189 с.
3. Вступ до будівельної справи : навчальний посібник / В.М. Першаков та ін. За загальною редакцією д.т.н., проф. В.М. Першакова. - К.: НАУ, 2016. 122 с.
4. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: Навчальний посібник. Харків : УЦЗ України, 2007. 257 с..
5. Будівельне матеріалознавство / Кривенко П.В. та ін. К.: ТОВ УАВП «Екс Об», 2004. 707 с.
6. Технологія будівельного виробництва / За ред. М. Г. Ярмоленка. К. Вища шк., 2005. 341 с.
7. Кух І. П. Цивільні будівлі. Частина 1. Любешів : Любеш. техн. коледж Луц. НТУ, 2020. 50 с. URL: <https://surli.cc/muylbl> (дата звернення: 02.05.2025).
8. "Про будівельні норми" ВР України, Закон від 2009.11.05 № 1704-VI
9. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 44 с.
10. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 177 с.
11. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст Проектної Документації на Будівництво К. : Мінрегіонбуд України, 2014. 43с.
12. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 49с.
13. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Укрархбудінформ, 2017. 31 с.
14. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws/doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws/doc_type=2) (дата звернення: 02.05.2025)
15. Кабінет Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/> (дата звернення: 02.05.2025)
16. Законодавство України. URL: <http://www.rada.kiev.ua/> (дата звернення: 02.05.2025)
17. Цифровий репозиторій ЦНТУ. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/> (дата звернення: 02.05.2025)

## З М І С Т

ВСТУП .....	3
Розділ 1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ .....	4
1.1 Будівництво доісторичних часів .....	4
1.2 Будівництво древніх цивілізацій .....	6
1.3 Будівництво в Стародавній Греції .....	10
1.4 Архітектура й будівельні технології Стародавнього Риму ....	13
1.5 Будівництво в Середні віки та в епоху Відродження.....	17
1.6 Давньоруська та давньо-київська архітектура .....	24
1.7 Будівництво періоду розвитку капіталізму .....	27
1.8 Українська архітектура XVIII – початку ХХ століття .....	30
1.9 Будівництво ХХ століття .....	34
Розділ 2 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНИЙ СТАН БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	37
2.1 Історія науково-технічних досягнень у будівництві та суміжних галузях науки й техніки .....	37
2.2 Історія досягнень будівельної науки й техніки України .....	41
2.3 Поширені планувальні рішення та конструктивні схеми сучасних будівель .....	44
2.4 Будівельні матеріали та вироби, їх властивості та галузі використання .....	48
2.5 Проблема забезпечення експлуатаційної надійності будівельних конструкцій та шляхи її розв'язання .....	60
2.6 Вимоги до енергоефективності будівель та засоби їх забезпечення .....	62
2.7 Новітні будівельні технології та процеси .....	68
2.8 Видатні будівлі та споруди світу й України .....	74
Розділ 3 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ У ГАЛУЗІ БУДІВНИЦТВА .....	84
3.1 Інженерні вишукування, проектування та кошторисна справа .....	84
3.2 Виготовлення будівельних матеріалів та виробів, зведення будівель і споруд.....	87
3.3 Технічна експлуатація, ремонти, реконструкція та відновлення будівель і споруд .....	89
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	91

Електронне навчальне видання

Пашинський М.В., Пашинський В.А.

## ВСТУП ДО БУДІВЕЛЬНОЇ СПРАВИ

Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладачі: кандидат технічних наук, доцент  
Пашинський Микола Вікторович,  
доктор технічних наук, професор  
Пашинський Віктор Антонович.

© ЦНТУ, Кропивницький, пр. Університетський, 8

© Пашинський М.В., Пашинський В.А.