

ЗАТВЕРДЖЕНО
Директор ЗПО «ДПТК»
Олександр СТРИЛЕЦЬ
« 28 » серпня 2026 р.
ПОГОДЖЕНО
Заступник директора ЗПО «ДПТК»
Сергій ГОРДІЄНКО
« 28 » серпня 2026 р.

АКАДЕМІЧНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

МОДУЛЬ 1. ВІД ЗЕМЛЯНОК ДО КАМ'ЯНИХ ФОРТЕЦЬ: ЗАРОДЖЕННЯ КУЛЬТУРИ ТА РАННІХ СУСПІЛЬНИХ ІНСТИТУТІВ (ВІД АНТИЧНОСТІ ДО XV СТ.)

ЛЕКЦІЯ 1. «МЕГАСТРУКТУРИ» ТРИПІЛЬЦІВ: РАДІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ПОСЕЛЕНЬ ТА ПЕРШІ ОЗНАКИ СУСПІЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

Вступ. Витоки будівельної культури на українських землях

Дослідження еволюції будівельної інженерії та архітектури на теренах сучасної України неможливе без глибокого ретроспективного аналізу доби енеоліту (мідно-кам'яного віку). Саме в цей період, орієнтовно у VI–III тис. до н. е., відбувається колосальний технологічний та соціокультурний стрибок, пов'язаний із розвитком трипільської цивілізації. Для фахівців у галузі цивільної інженерії витоки будівельної культури на українських землях становлять фундаментальний інтерес, оскільки вони демонструють первісні, але надзвичайно ефективні підходи до розв'язання проблем просторової організації, використання локальних матеріалів та створення стійких конструктивних систем. Аналіз цієї спадщини сприяє формуванню здатності оцінювати сучасний стан культурного розвитку на основі спадщини минулого.

Розділ 1. Феномен трипільських протоміст-гігантів: геолокація та масштаби

На етапі розвиненого Трипілля (переважно етап C1, IV тис. до н. е.) на території лісостепової зони України (зокрема, в межиріччі Південного Бугу та Дніпра) виникає унікальний урбаністичний та будівельний феномен трипільських протоміст-гігантів. Найвідомішими та найбільш масштабними еталонними об'єктами цього періоду є поселення Майданецьке, Тальянки, Небелівка, Доброводи.

Ці поселення не мають аналогів у тогочасній Європі за своїми розмірами та рівнем організації простору. Площа поселення Тальянки сягала близько 450 гектарів, Майданецького — близько 270 гектарів. Кількість житлових і господарських споруд у таких агломераціях налічувала від 1500 до 3000 одиниць, що передбачало одночасне проживання від 10 до 15 тисяч осіб.

Інженерно-геологічний аспект вибору локації:

Трипільські інженери-будівельники демонстрували високий рівень розуміння топографії та геоморфології. Протоміста закладалися на підвищених, добре дренованих плато поблизу річкових долин. Такий вибір локації розв'язував одразу кілька інженерних завдань:

1. Забезпечення несучої здатності основи: Платоподібні ділянки з лесовими ґрунтами забезпечували стабільну основу для зведення масивних глинобитних споруд, мінімізуючи ризики просідання.
2. Гідрологія та водовідведення: Природний ухил рельєфу гарантував відведення поверхневих вод (атмосферних опадів) від фундаментів будівель, що було критично важливим для збереження глиняних конструкцій.
3. Логістика будівельних матеріалів: Близькість до річкових долин та лісових масивів забезпечувала безперебійне постачання двох головних будівельних матеріалів епохи — деревини (переважно дуб, граб, ясен) та глини високої пластичності.



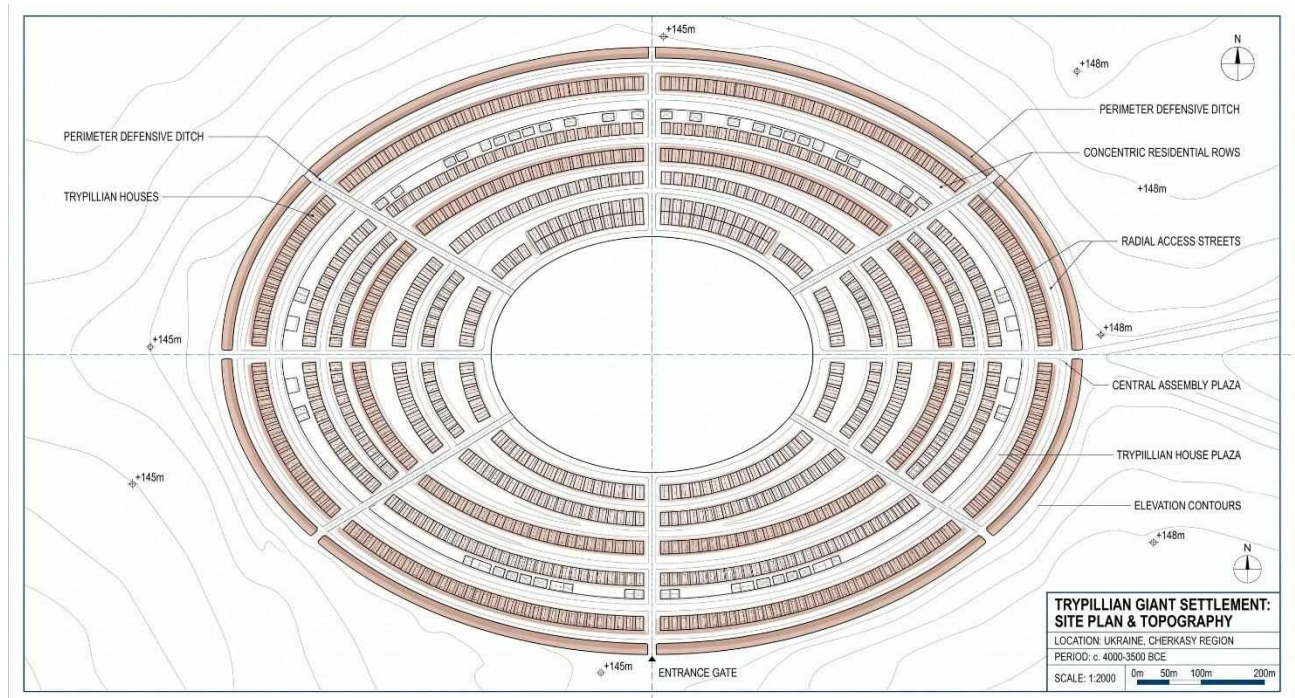
(Панорамний вид трипільського мегاپоселення)

Розділ 2. Просторова організація та радіально-кільцеве планування

Основою містобудівної концепції трипільців стала безпрецедентна для свого часу просторова організація. Відмовившись від хаотичної дисперсної забудови, характерної для ранніх землеробських спільнот, трипільці запровадили суворе радіально-кільцеве планування поселень.

Ця макроструктура мала такі інженерно-архітектурні характеристики:

1. **Концентричні кола забудови:** Будівлі розташовувалися у вигляді суцільних овалів або кіл. Залежно від розміру поселення, таких кіл могло бути від двох до чотирьох, вписаних одне в одне. Будинки зовнішнього кільця зводилися майже впритул один до одного (відстань становила 1–3 метри), іноді з'єднуючись поздовжніми стінами або палісадами.
2. **Радіальні комунікаційні артерії:** Від центральної частини поселення до зовнішнього периметра розходилися прямі вулиці-радіуси, які перетинали концентричні кільця. Це забезпечувало оптимальну логістику — найкоротший шлях від будь-якої точки поселення до центру або назовні.
3. **Центральний майдан:** У геометричному центрі протоміста залишався великий вільний простір. Він виконував роль суспільно-політичного ядра: місця для загальних зборів, релігійних ритуалів, а в моменти небезпеки — зони для захисту худоби.
4. **Оборонний інжиніринг:** Радіально-кільцеве планування мало яскраво виражену фортифікаційну функцію. Суцільний ряд двоповерхових будівель зовнішнього кільця з глухими зовнішніми стінами (вікна прорізалися переважно з боку внутрішнього двору) утворював потужний оборонний периметр, що ускладнював раптове проникнення ворога.



(Топографічний план протоміста)

Розділ 3. Будівельна механіка: особливості зведення двоповерхових жител із дерева та глини

Трипільська архітектура є еталоном ранньої рамно-каркасної будівельної системи. Відбувався масовий перехід від напівземлянок до наземних капітальних споруд. Найбільш вражаючою рисою є особливості зведення двоповерхових жител із дерева та глини.

Конструктивна схема двоповерхового трипільського житла:

- **Габарити:** Будинки мали прямокутну форму, довжина коливалася від 10 до 20 метрів, ширина — від 4 до 6 метрів. Висота двоповерхової споруди могла сягати 5–7 метрів до гребеня даху.
- **Каркасна система:** Несучим елементом виступав потужний дерев'яний каркас. Опорні стовпи (колоди) вкопувалися в землю по периметру та по центральній осі будівлі для підтримання балок перекриття та кроквяної системи даху.
- **Огороджувальні конструкції (стіни):** Між опорними стовпами монтувалася сітка з розколотого дерева або сплітався каркас із гнучкої лози (плетінка). Ця основа з обох боків ретельно обмазувалася товстим шаром глини.
- **Армування та композитні матеріали:** Для запобігання розтріскуванню глини під час висихання та для підвищення її теплоізоляційних властивостей, у глиняний розчин додавали органічні наповнювачі: полови, соломі, кінський кізак. По суті, трипільці винайшли перший композитний будівельний матеріал — саман, що поєднував в'язучі властивості глини та армувальні властивості фібри (рослинних волокон).
- **Покрівля:** Дах був двосхилим, спирався на дерев'яні крокви й покривався снопами очерету або соломі. Глибокі звиси даху захищали глиняні стіни від розмивання атмосферними опадами.



(Розріз двоповерхового житла)

Розділ 4. Технологія «тока»: інновація в облаштуванні фундаментів та перекриттів

Одним із найскладніших інженерних рішень трипільської будівельної справи стала технологія «тока». Тривалий час археологи дискутували щодо походження масивних обпечених глиняних платформ, знайдених під час розкопок. Сьогодні доведено, що «ток» — це спеціально сконструйоване міжповерхове перекриття або фундаментна основа, що пройшла високотемпературну обробку.

Процес створення «тока» (моделювання інженерного процесу):

1. **Дерев'яний накат:** На рівні міжповерхового перекриття (або на ґрунтовому майданчику) вкладався щільний накат із масивних розколотих колод.
2. **Глиняна стяжка:** На дерево наносився товстий шар (10–20 см) спеціально підготовленої глини з домішками піску та полови.
3. **Термічна обробка (випал):** Глиняна платформа піддавалася контрольованому випалу за допомогою розведення вогнищ (або цей процес відбувався під час ритуального спалення будинку наприкінці його експлуатації, що є предметом наукових дискусій). В результаті термічного впливу глина спікалася, перетворюючись на міцний керамікоподібний моноліт, стійкий до вологи, гризунів та механічних пошкоджень.

Ця технологія забезпечувала колосальну несучу здатність підлоги другого поверху та слугувала відмінним теплоакумулятором для всієї будівлі.

EXPLODED AXONOMETRIC ARCHITECTURAL DIAGRAM: TRYPILLIAN 'TOK' FLOOR SYSTEM CONSTRUCTION

CUCUTENI-TRYPILLIA CULTURE (c. 5th-4th MILLENNIUM BCE)

ШАР 4: ФІНАЛЬНА ОБПАЛЕНА, ЗАТВЕРДІЛА ТЕРАКОВАТА КЕРАМІЧНА ПЛАТФОРМА (ТОК / ВИПАЛЕНА ПЛИТКА)

ЗАТВЕРДІЛА ТЕРАКОВАТА ПЛАТФОРМА (ВИПАЛЕНА ПЛИТКА)

Теорія вогневого загартовування в кераміці спотворює її первотворені стратигічні гігієнічні функції.

Теорія вогневого загартовування припускає наявність ізоляції на кераміці вогняне карамілізуючі сани more of the torakoi zaraki кераміка. Structural of hygienic may alter follow areas of hygienic processes, is неструктурна.

ШАР 3: ТОВСТІЙ ШАР ВОЛОГОЇ ГЛИНИ, ЗМІШАНОЇ З ПОЛОВОЮ

МАТРИЦЯ НЕОБПАЛЕНОЇ ГЛИНИ

АРМУЮЧІ ЗВ'ЯЗКИ З ПОЛОВОЮ

ОРИЄНТОВНА ТОВЩИНА: 15-20 CM

ШАР 2: ЩІЛЬНА МАТРИЦЯ З КОЛОТИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОЛОД

ЩІЛЬНО УКЛАДЕНІ КОЛОДИ

ТИП ДЕРЕВИНИ: СОСНА/ДУБ

(ГІПОТЕТИЧНО)

ШАР 1: ОСНОВНИЙ СТРУКТУРНИЙ КАРКАС

МІЖПОВЕРХОВА БАЛКОВА СІТКА

ДЕРЕВ'ЯНИ СТРУКТУРНІ БАЛКИ

(ГОРИЗОНТАЛЬНІ НЕСУЧІ)

ГРУНТОВІ СТОПЛИ

(ВЕРТИКАЛЬНІ ОПОРИ)

Трипільські терміни:

«ТОК» (підлога)

«ВИПАЛЕНА ПЛИТКА» (обпалена плитка)

«ПОЛОВА» (армування половиною)

1. УСТАНОВКА НА РІВЕНЬ 1. ПОЧАТОК: ЗБІРКА КАРКАСУ

4. ОБПАЛЮВАННЯ ТА ЗАТВЕРДІННЯ



ВІСЬ ВИБУХУ

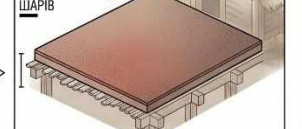


3. НАНЕСЕННЯ ГЛИНЯНОЇ СУМІШІ

2. УКЛАДАННЯ МАТРИЦІ КОЛОД

ФІНАЛЬНА СКЛАДЕНА СИСТЕМА ПІДЛОГИ «ТОК»

ЗАГАЛЬНА ТОВЩИНА ШАРІВ



ФІНАЛЬНА СКЛАДЕНА СИСТЕМА ПІДЛОГИ «ТОК»

МАСШТАБ СХЕМИ

0 10 20 30



(Аксонометрія технології "тока")

Розділ 5. Ергономіка внутрішнього простору та функціональне зонування

Внутрішній простір трипільського житла відрізнявся продуманою ергономікою та чітким функціональним зонуванням.

- **Перший поверх:** Зазвичай використовувався як господарська зона. Тут зберігали сільськогосподарський реманент, запаси зерна у великих керамічних піфосах (корчагах), утримували молодняк худоби в холодну пору року.
- **Другий (житловий) поверх:** Був розділений на кілька функціональних зон. Головним елементом інтер'єру була масивна купольна або склепінчаста глинобитна піч, яка розташовувалася біля входу (праворуч або ліворуч). Вона забезпечувала обігрів приміщення та використовувалася для приготування їжі і випікання хліба. По діагоналі від печі традиційно розміщувався хрестоподібний глиняний вівтар, прикрашений концентричними спіральними орнаментами — сакральний центр будинку.
- Уздовж стін влаштовувалися глиняні лави-лежанки та спеціальні подіуми для зберігання розписного парадного посуду.

Розділ 6. Колективна праця та протоурбаністика

Зведення протоміст-гігантів вимагало колосальних ресурсів. За підрахунками фахівців, для будівництва одного такого поселення потрібно було вирубати, транспортувати та обробити десятки тисяч дерев, заготовити сотні тисяч тонн глини. Здійснити такий обсяг будівельно-монтажних робіт силами однієї родини неможливо.

Тут ми спостерігаємо феномен, де колективна праця та протоурбаністика стають каталізаторами розвитку складних суспільних інститутів.

- **Спеціалізація праці:** Виникає потреба у професійних групах: лісорубах, теслярах, гончарях, майстрах-будівельниках, що керували зведенням складних каркасів.
- **Стандартизація:** Вражаюча уніфікація розмірів будівель, пропорцій та планувальних рішень свідчить про наявність єдиної системи мір та своєрідних «будівельних норм і правил» (БНіПів) енеоліту.
- **Централізоване управління:** Розподіл ділянок під забудову (радіусів і кіл), організація оборонного периметра та спільне використання ресурсів вимагали наявності потужного адміністративного апарату або ради старійшин, що є безперечною ознакою переходу від первісного стада до ранньодержавних утворень.

Розділ 7. Вплив матеріального середовища на формування світогляду і соціальної структури

Архітектура — це завжди відбиток соціуму. У випадку Трипілья простежується прямий вплив матеріального середовища на формування світогляду і соціальної структури давніх землеробів.

Радіально-кільцеве планування міст і концентричні орнаменти на кераміці є матеріальним втіленням солярного культу (шанування Сонця) та усвідомлення циклічності часу (зміни пір року), що є критично важливим для аграрного суспільства. Відсутність у плануванні поселень яскраво виражених «палаців» чи монументальних храмів, які б домінували над рештою забудови, свідчить про відносно егалітарний (рівноправний) характер трипільського суспільства. Це була спільнота, де соціальний статус визначався не накопиченням багатств, а внеском у колективну безпеку та добробут громади.

Спільна праця на будівництві, колективний захист за круговим периметром стін формували сильну громадянську ідентичність і солідарність, що є базовими цінностями для будь-якої успішної цивілізації.

Висновки

Спадщина трипільської цивілізації — це не лише археологічний артефакт, а фундаментальний урок інженерної логіки, раціонального природокористування та соціальної організації простору. Глибоке вивчення протоурбаністичних концепцій Трипілля, адаптації будівельних технологій до геологічних та кліматичних умов дозволяє сучасному фахівцеві будівельної галузі досягнути витоків національної будівельної традиції. Розуміння механізмів, за допомогою яких наші пращури вирішували проблеми стійкості, ресурсоефективності та соціальної інтеграції через архітектуру, є необхідним підґрунтям для формування сучасного мислення в парадигмі сталого розвитку, відновлюваної архітектури та повоєнної відбудови України на засадах екологічності та інклюзивності.

Лекція 2. Античні міста-держави Північного Причорномор'я: інженерні комунікації (водогони) та зародження демократичного устрою полісів

Вступ. Велика грецька колонізація та її вплив на розвиток інфраструктури

У період з VIII по VI ст. до н. е. на узбережжі Чорного та Азовського морів розгортається процес Великої грецької колонізації. Вихідці з метрополій (насамперед з Мілета та Гераклеї Понтійської) засновують на теренах сучасної південної України низку міст-держав (полісів). Для спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» цей період становить фундаментальний інтерес, оскільки він знаменує собою перехід від первісних будівельних технологій (дерево, саман, глина) до монументальної кам'яної архітектури, регулярного містобудування та складної інженерної інфраструктури.

1. Провідні центри античної цивілізації на українських землях

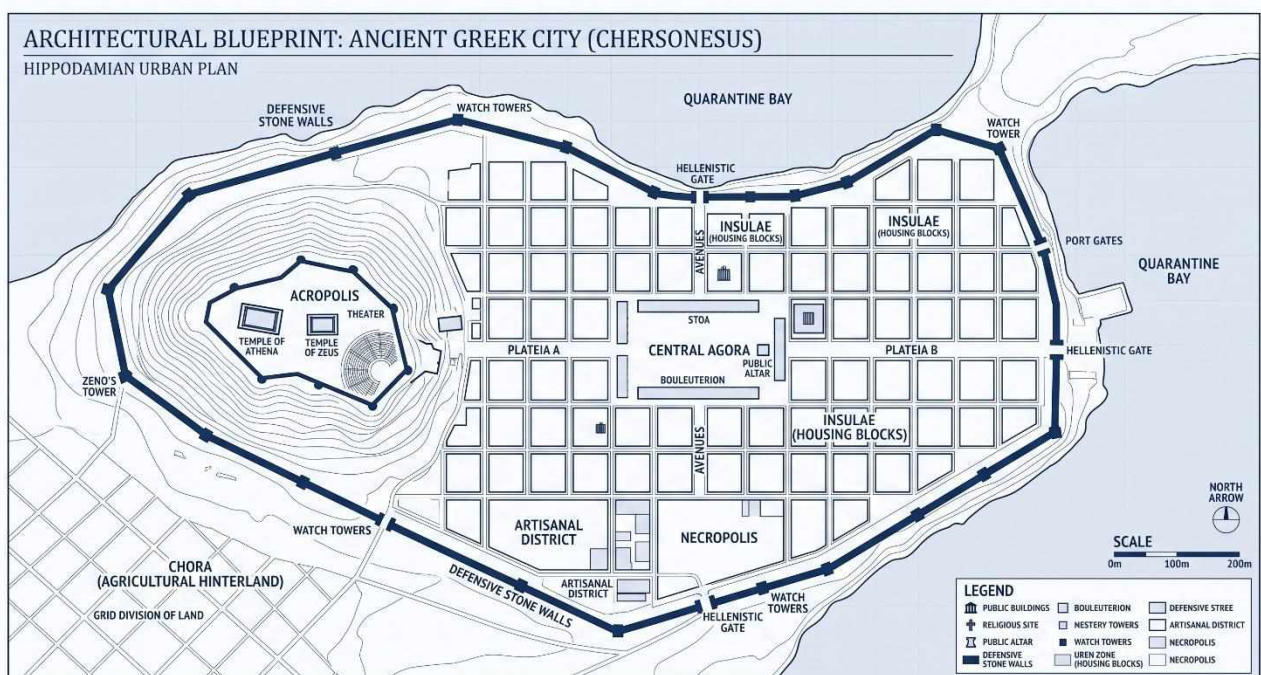
Головними центрами античної культури, що залишили найпомітніший слід в архітектурі та містобудуванні регіону, були Ольвія, Херсонес Таврійський та Пантікапей. Вибір локацій для цих полісів підпорядковувався суворим інженерно-економічним та військовим вимогам: наявність зручної гавані, джерел питної води та придатних для землеробства територій (хори).

Місто-держава (Поліс)	Географічне розташування	Містобудівні особливості
Ольвія	Побужжя (Бузький лиман, сучасна Миколаївська область)	Терасована забудова на схилах, розвинена портова інфраструктура, потужна система водопостачання та водовідведення.
Херсонес Таврійський	Гераклеїський півострів (сучасний Севастополь, Крим)	Еталон гіпподамової системи планування. Потужні кам'яні оборонні мури. Збереження античної забудови.
Пантікапей	Узбережжя Керченської протоки (гора Мітрідат, Крим)	Акрополь на вершині гори. Монументальні громадські будівлі, царські кургани з унікальними кам'яними склепіннями (Боспорське царство).

2. Планування міст за гіпподамовою системою (регулярна сітка кварталів)

Античні інженери-містобудівники застосовували на теренах Причорномор'я передову на той час ортогональну (прямокутну) систему планування, відому як **гіпподамова система** (на честь архітектора Гіпподама Мілетського). Цей принцип заклав основи сучасного зонування міських територій.

- **Регулярна сітка:** Місто розбивалося поздовжніми (платеї) та поперельними (стенопи) вулицями, що перетиналися під прямим кутом, утворюючи прямокутні житлові квартали однакової площі (інсули).
- **Зонування:** Чітко виокремлювалися функціональні зони:
 - *Агора* — головна площа, політичний і торговий центр (відповідник сучасного city-center).
 - *Акрополь* — укріплена верхня частина міста, де розташовувалися головні храми та скарбниця.
 - *Теменос* — священна ділянка з храмами та вівтарями.
 - *Житлова та ремісничка зони.*
- **Стандартизація:** Вулиці мали фіксовану ширину (головні — до 6-10 метрів, другорядні — 2-4 метри), обов'язково мостилися кам'яними плитами або щебенем із череп'ям, що забезпечувало їхню зносостійкість.



(Гіпподамова система Херсонеса)

3. Розвиток інженерної інфраструктури: гідротехнічні споруди та комунікації

Високий рівень комфорту античного міста забезпечувався складною системою інженерних комунікацій, яка за багатьма параметрами перевершувала європейські середньовічні стандарти і була наближена до сучасних принципів благоустрою.

3.1. Водопостачання (водогони та цистерни)

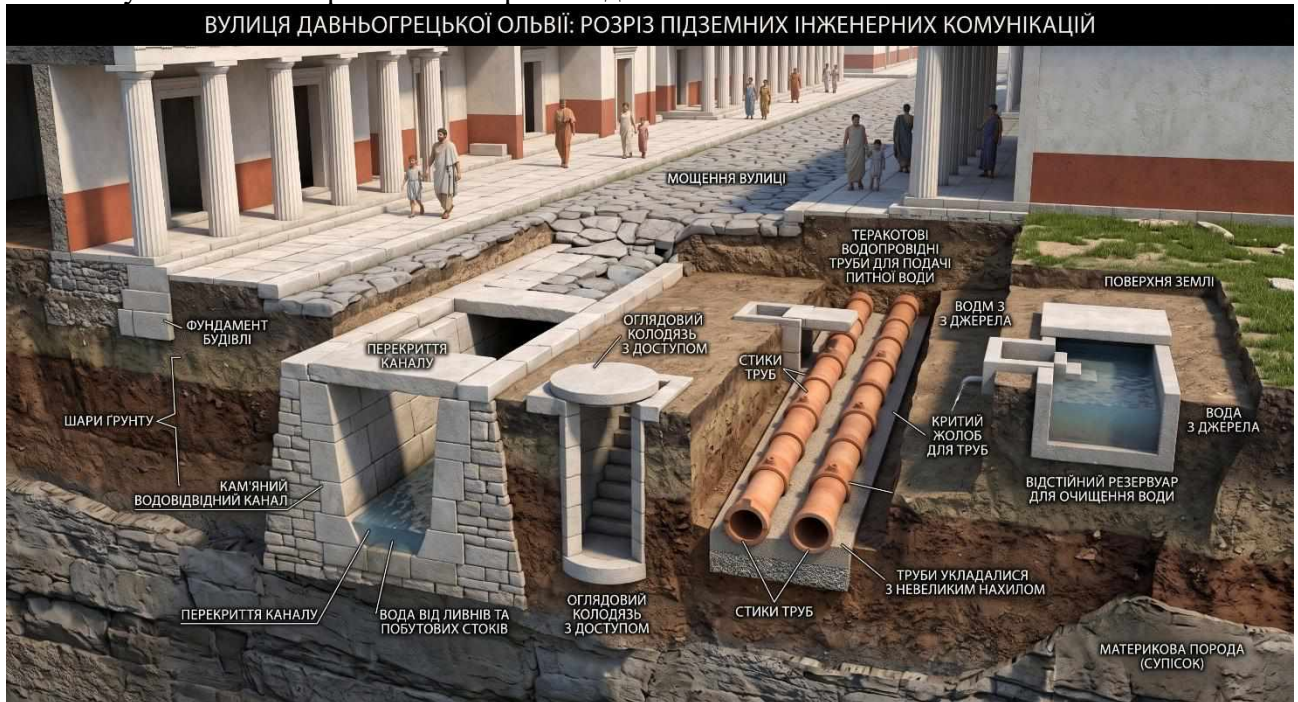
Античні міста потребували безперебійного постачання чистої питної води. В Ольвії та Херсонесі були знайдені залишки складної гідротехнічної системи.

- Водогони споруджувалися з керамічних (теракотових) труб, які з'єднувалися між собою за допомогою спеціальних пазів і герметизувалися вапняним розчином або глиною.
- Труби вкладалися у спеціальні кам'яні жолоби під землею для захисту від перепадів температур, механічних пошкоджень та навмисного руйнування під час облог.
- Для компенсації перепадів тиску на рельєфі (особливо в терасованій Ольвії) використовували накопичувальні кам'яні цистерни та резервуари, висічені в скелі і поштукатурені гідралічним розчином (цемент'янкою).

3.2. Водовідведення та дренажні системи

Проблема відведення стічних та атмосферних вод вирішувалася шляхом будівництва магістральних кам'яних колекторів. Під мощеними вулицями проходили дренажні канали,

перекриті великими вапняковими плитами. У ці канали з житлових будинків виводилися менші водостоки. Така система запобігала розмиванню фундаментів, підтопленню підвалів та забезпечувала високий рівень санітарно-епідеміологічної безпеки поліса.



(Розріз античного водогону)

3.3. Кам'яні оборонні стіни та фортифікація

Оборонна інженерія античності базувалася на використанні масивних кам'яних блоків. Фортифікаційні споруди Херсонеса та Пантікапея є зразком високого рівня опору матеріалів. Стіни зводилися за технологією панцирної кладки (дві зовнішні стінки з тесаних квадратів вапняку, простір між якими заповнювався забутовкою — щебенем і глиною). Товщина таких стін сягала 3–4 метрів, що забезпечувало стійкість до застосування тогочасних облогових машин та таранів.

4. Соціально-політичний устрій полісів (демократія, права та обов'язки громадян)

Античний поліс — це не лише міська інфраструктура, а й унікальна форма суспільно-політичної організації. Архітектура агори (головної площі) була фізичним відображенням полісної демократії. Саме тут формувалися основи громадянського суспільства, верховенства права та інститутів самоврядування.

- **Демократичний устрій:** В Ольвії та Херсонесі влада належала народним зборам (еклесії), у яких мали право брати участь усі повноправні громадяни (вільні чоловіки). Саме збори приймали закони, вирішували питання війни і миру, а також затверджували масштабні будівельні проекти.
- **Магістратури:** Виконавча влада належала виборним посадовцям — магістратам (архонтам, агораномам, астиномам). Астиноми, наприклад, виконували функції сучасних інспекторів Державної архітектурно-будівельної інспекції (ДАБІ): слідкували за чистотою вулиць, станом водогонів, дотриманням червоних ліній забудови та якістю будівельних матеріалів.
- **Громадянський обов'язок:** Права громадянина нерозривно пов'язувалися з обов'язком захищати своє місто (служба в ополченні) та брати участь у його розбудові (літургії — фінансування найбагатшими громадянами будівництва храмів, стін чи спорядження кораблів).

5. Взаємодія античної та місцевої варварської культур

Існування античних полісів у Північному Причорномор'ї не було ізольованим. Відбувалася активна економічна та культурна взаємодія грецьких колоністів із місцевими племенами (скіфами, сарматами, таврами), які греки збірно називали «варварами». Цей синтез культур вплинув і на розвиток технічної думки. Так, у Пантікапеї (столиці Боспорського царства) античні інженери, зводячи поховальні споруди для скіфської та боспорської знаті (наприклад,

Царський курган), поєднали грецьку техніку обробки каменю зі степовою традицією курганних поховань, створивши унікальні кам'яні склепіння уступчастого типу, які витримували колосальний тиск земляного насипу.

Висновки для інженера

Вивчення античних міст-держав Північного Причорномор'я демонструє, що якісне міське середовище є продуктом синергії передових інженерних рішень та демократичних інститутів. Гіпподамова система планування, створення надійних систем водопостачання та водовідведення, суворий контроль астиномів за якістю будівництва — усе це є історичним прообразом сучасних будівельних норм та принципів сталого розвитку урбанізованих територій. Усвідомлення цієї спадщини сприяє формуванню професійної відповідальності сучасного інженера за безпеку, екологічність та гармонійність створеного ним простору.

Лекція 3. Будівельне ремесло Русі-України: технологія виробництва плінфи та правовий статус ремісників за «Руською Правдою»

Вступ. Становлення державності та міського будівництва в Київській Русі

З утворенням та зміцненням Київської Русі (IX–XI ст.) відбувається стрімкий розвиток міської інфраструктури [cite: 10]. Згідно з дослідженнями, представленими в академічних курсах з історії України, міста Русі стають не лише адміністративними, а й потужними ремісничими центрами. Для сучасного фахівця-будівельника цей період є показовим з точки зору масштабного переходу від традиційного дерев'яного зрубного будівництва до монументальної кам'яно-цегляної архітектури [cite: 10].

1. Еволюція будівельних матеріалів: від зрубу до монументального зодчества

До кінця X століття абсолютна більшість споруд (житлових, оборонних, сакральних) на Русі зводилася з дерева [cite: 10]. Базовою конструктивною одиницею був **зруб** — горизонтально покладені колоди, з'єднані на кутах спеціальними врубками (наприклад, «в обло» або «в лапу»).

Однак із прийняттям християнства у 988 році та запрошенням візантійських майстрів розпочинається ера кам'яного монументального зодчества [cite: 10]. Цей перехід зумовив необхідність освоєння принципово нових для місцевих майстрів будівельних матеріалів — плінфи та спеціальних гідравлічних розчинів (цем'янки) [cite: 10].

2. Технологія виготовлення і випалу плінфи

Плінфа (від грец. *plinthos* — цегла) — це широка та пласка випалена цегла, яка стала основним будівельним матеріалом для монументальних споруд Русі-України (зокрема, Десятинної церкви, Софії Київської) [cite: 10].

- **Геометрія та розміри:** Плінфа мала формат, наближений до квадрата (рідше прямокутника), і була значно тоншою за сучасну цеглу. Стандартні розміри складали приблизно 30×35×4 см або 40×40×3 см. Тонкий профіль забезпечував рівномірне висихання та якісний випал глиняного масиву.
- **Процес формування:** Глину ретельно перемішували, очищали від домішок і забивали у спеціальні дерев'яні форми. Часто на торцях плінфи майстри залишали свої ремісничі тавра або знаки княжої власності (тризуби, двозуби), що свідчить про наявність державного контролю якості будівельних матеріалів.
- **Сушіння та випал:** Сформовані сирці сушили під навісами (від 10 до 14 днів), після чого випалювали у спеціальних двоярусних печах (горнах) при температурі близько 800-900°C. Процес випалу був складним інженерним завданням, оскільки вимагав рівномірного розподілу температур для запобігання деформації та розтріскуванню матеріалу.



(Виробництво плінфи)

3. Будівельні розчини: застосування цем'янки

Зведення стін із плінфи вимагало використання міцного та еластичного в'язучого розчину. Звичайний вапняний розчин не відповідав цим вимогам, тому зодчі Русі використовували **цем'янку** [cite: 10].

Цем'янка — це гідралічний будівельний розчин, до складу якого входили [cite: 10]:

1. Гашене вапно вищого гатунку (як основне в'язуче).
2. Дрібно товчена кераміка (бита плінфа, керамічний брак) — вона відігравала роль гідралічної добавки, що надавала розчину приємного рожевого відтінку і здатності тверднути навіть у вологому середовищі.
3. Промитий річковий пісок.

Товщина швів із цем'янки в кладці часто дорівнювала товщині самої плінфи (кладка із прихованим рядом). Завдяки цьому стіна набувала колосальної пружності, що захищало масивні будівлі від нерівномірних осідань ґрунту (типова проблема київських лесових ґрунтів) та температурних деформацій.

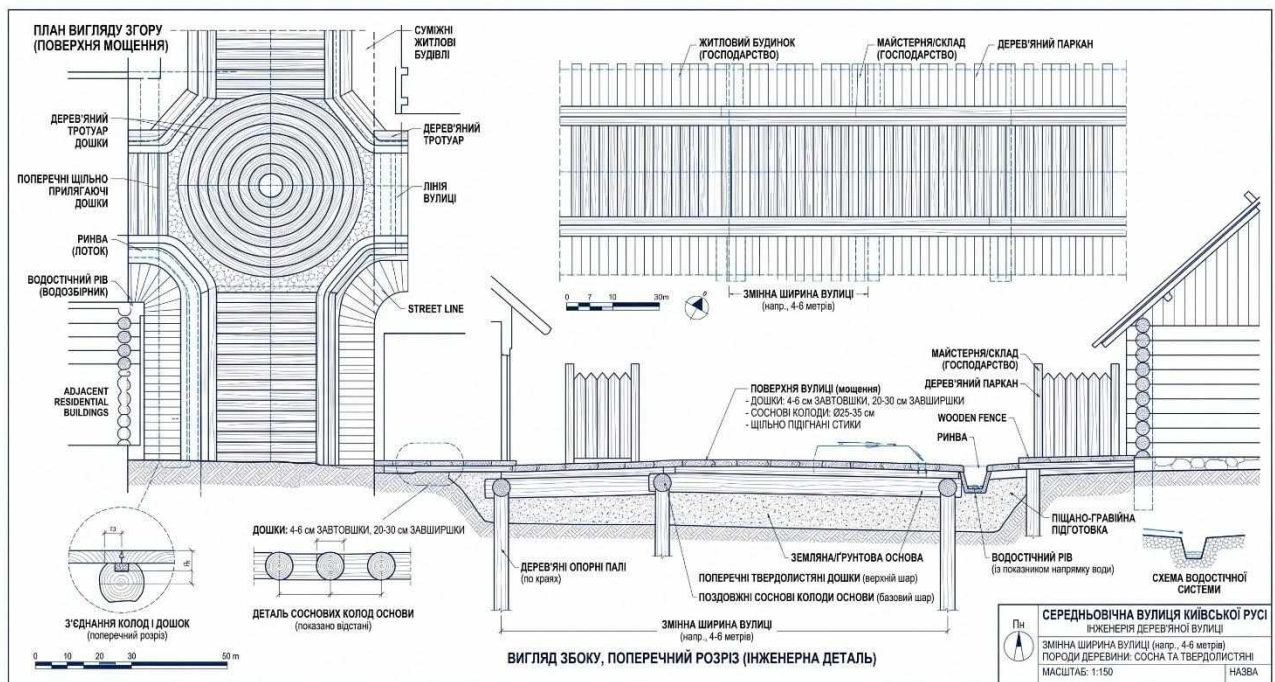
4. Правовий статус ремісників та будівельників за «Руською Правдою»

«Руська Правда» — перша писана збірка законів Київської держави (XI–XII ст.) — є безцінним джерелом для розуміння соціально-економічного статусу будівельників того часу. Аналіз цього документа дозволяє виявити ранні форми нормативно-правового регулювання будівельної галузі [cite: 10].

У зводі законів чітко диференціювалися професії, пов'язані з розбудовою міст [cite: 10]:

Спеціалізація	Функції та правовий статус
Городники	Інженери-фортифікатори. Керували зведенням оборонних валів, дерев'яних стін («городнів») та веж. Належали до привілейованої групи майстрів. «Руська Правда» чітко фіксувала їхню оплату за зведення певної довжини стіни.
Мостники	Фахівці з інфраструктури. Відповідали за мощення вулиць (дерев'яними настилами) та будівництво мостів. Закон гарантував їм стабільну оплату праці як натурою (харчами), так і грошима (кунами) за виконані обсяги робіт.

Спеціалізація	Функції та правовий статус
Древоділі (теслярі)	Найбільш масова будівельна професія. Зводили житлові та господарські зруби. Як правило, це були вільні общинники (люди), життя і здоров'я яких захищалося значним штрафом (вірою).
Зодчі (архітектори)	Керівники масштабних проєктів (часто іноземці, а згодом — еліта місцевих майстрів, як-от Петро Милоніг). Мали високий соціальний статус, наближений до князівського двору.



(Інфраструктура дерев'яної бруківки)

5. Відповідальність майстрів за надійність зведених конструкцій

Окрім прав, законодавство та звичаєве право Русі формували концепцію професійної відповідальності. Відповідальність майстрів за надійність зведених конструкцій була суворою [cite: 10]. За неякісне будівництво мостів чи оборонних споруд, що призвело до аварії або шкоди (наприклад, падіння мосту під возом), майстер («мостник» чи «городник») був зобов'язаний компенсувати збитки за власний кошт або ж міг втратити право на професійну діяльність.

Такий підхід є раннім аналогом сучасної юридичної відповідальності генерального підрядника чи головного інженера проєкту (ГІПа). Це свідчить про глибоке усвідомлення суспільством ризиків будівельної діяльності та необхідності захисту прав замовників (громади або князя).

Висновки

Доба Київської Русі заклала міцний технологічний та правовий фундамент будівельної галузі на українських землях. Перехід від деревини до монументальних матеріалів (плінфи та цем'янки) продемонстрував високу адаптивність місцевих інженерів. Водночас, фіксація правового статусу будівельників у «Руській Правді» доводить, що цивільна інженерія вже в XI столітті сприймалася державою як критично важлива та соціально відповідальна діяльність, що потребувала чіткої регуляції та захисту прав як майстрів, так і споживачів їхньої праці.

Лекція 4. Будівництво Софійського собору: державницький та духовний вимір монументальної архітектури

Вступ. Софія Київська як вершина інженерно-технічної та архітектурної думки

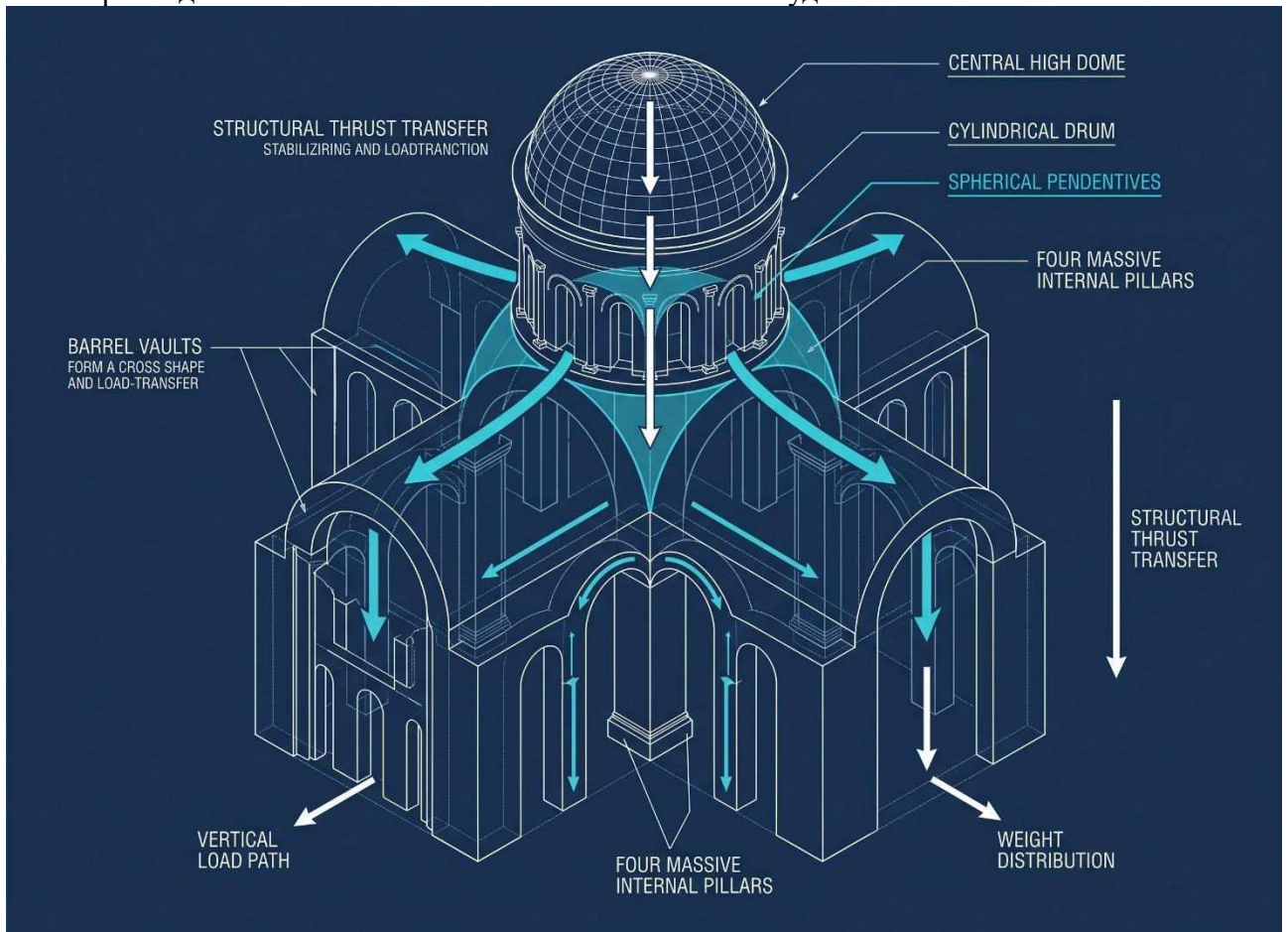
У першій половині XI століття, за князювання Ярослава Мудрого, Київська держава сягнула зеніту своєї політичної, економічної та культурної могутності. Архітектурним втіленням цього

тріумфу стало будівництво Софійського собору. Для фахівців будівельної галузі Софія Київська виступає як беззаперечна вершина інженерно-технічної та архітектурної думки XI століття [cite: 10]. Це не просто сакральна споруда, а колосальний за своїми масштабами інфраструктурний проєкт, який вимагав концентрації найкращих технологій, матеріалів та управлінських рішень свого часу.

1. Комплексний аналіз конструктивної схеми: хрестово-купольний храм

Проектування Софійського собору базувалося на візантійських архітектурних канонах, проте київські та запрошені майстри значно ускладнили їх, адаптувавши до місцевих масштабів та потреб. Здійснюючи комплексний аналіз конструктивної схеми, слід виокремити, що це класичний хрестово-купольний храм [cite: 10].

- **Суть системи:** Основу просторової організації становить підкупольний квадрат, утворений чотирма масивними опорними стовпами (пілонами). На ці стовпи через систему підпружних арок і сферичних вітрил (пандативів) спирається головний світловий барабан із центральним куполом.
- **Розподіл навантажень:** Від центрального купола розходяться чотири циліндричні склепіння, що утворюють у плані просторовий хрест. Ці склепіння передають горизонтальний розпір від головного купола на зовнішні стіни та бічні нави.
- **Масштабність:** На відміну від традиційних тринавних візантійських храмів, Софія Київська була спроектована як п'ятинавна споруда, оточена з трьох боків двоярусними галереями. Це створило пірамідальну композицію з 13 куполами, що гармонійно розподіляли колосальне навантаження всієї маси будівлі.



(Хрестово-купольна система)

2. Інженерія нульового циклу: використання схованих підмурків

Складні геологічні умови Києва (просадкові лесові ґрунти та складний рельєф Старокиївської гори) вимагали бездоганного інженерного підходу до нульового циклу. Тривалість існування собору (майже тисячоліття) доводить геніальність розрахунків.

Фундаменти Софії є унікальними за своєю надійністю. Зодчими було застосовано використання схованих підмурків [cite: 10].

1. **Котлован і палі:** Спочатку викопувалися глибокі траншеї, на дно яких щільно забивалися дубові кілки (палі). Дуб у вологому середовищі без доступу кисню з часом мориться і набуває міцності каменю.
2. **Стрічковий фундамент:** Поверх паль закладався стрічковий фундамент із бутового каменю (граніту та кварциту), який щедро заливався міцним гідравлічним розчином — цем'янкою.
3. **Рівномірне осідання:** Глибина закладення фундаменту була різною залежно від навантаження конкретної ділянки стіни чи пілона, що забезпечувало рівномірне осідання величезної будівлі та запобігало появі тріщин у цегляній кладці.

3. Просторові стійкі конфігурації: система склепінь та аркад

Для забезпечення міцності багатоярусної будівлі було розроблено складну внутрішню структуру. Уся споруда пронизана системою склепінь, аркад [cite: 10].

Аркади не лише виконували естетичну функцію, а й слугували потужними ребрами жорсткості. Двоярусні відкриті галереї, що оточували собор, відігравали роль своєрідних контрфорсів: вони "гасили" горизонтальний розпір від центральних масивних склепінь і передавали його на зовнішні, нижчі стіни. Саме завдяки використанню таких просторових стійких конфігурацій [cite: 10] собор витримав і землетруси, і монгольську навалу 1240 року, не зазнавши критичних структурних руйнувань ядра.

4. Синтез архітектури та монументального живопису як інструмент ідеології

Софія Київська не розглядалася розробниками лише як утилітарна інженерна споруда. Її інтер'єр — це еталонний синтез архітектури, монументального живопису (мозаїки, фрески) [cite: 10].

Архітектурний простір був підпорядкований ідеї максимального візуального та акустичного впливу на людину. Кожен вигин склепіння, кожна арка розраховувалися так, щоб забезпечити правильне падіння світла з вікон барабанів на золоту смальту мозаїк (зокрема, славетної Оранти та Христа Пантократора). Інженерія тут слугувала мистецтву.

Цей візуальний та просторовий масштаб мав конкретну мету — втілення богословсько-політичної ідеї утвердження Київської держави в європейському християнському просторі [cite: 10]. Храм за своїми розмірами та оздобленням міг конкурувати з константинопольськими святинями, що без слів демонструвало іноземним послам економічну міць, технологічну досконалість та незалежність Русі-України.



(Синтез архітектури та мозаїки)

5. Збереження пам'яток сакрального зодчества у практиці сучасного інженера

Вивчення технологій зведення Софійського собору є не лише даниною історії. Збереження пам'яток сакрального зодчества як складова національної культурної спадщини [cite: 10] є прямим професійним обов'язком фахівців із реконструкції та реставрації.

Сучасний інженер-будівельник, працюючи з історичними об'єктами, повинен розуміти логіку роботи середньовічних конструкцій: як функціонує прихований ряд плінфи, чому не можна жорстко бетонувати старі еластичні фундаменти на цем'янці, та як вплив сучасних вібрацій (метро, транспорт) діє на просторові конфігурації. Реставрація таких об'єктів вимагає делікатного втручання, що базується на глибокій повазі до інженерного генія минулого.

Висновки

Будівництво Софії Київської стало переломним моментом в історії вітчизняної будівельної техніки. Цей об'єкт довів здатність київських зодчих реалізовувати мегапроекти найвищого рівня складності. Хрестово-купольна система, застосування прихованих підмурків та просторових стійких каркасів є свідченням зрілості інженерної думки. Водночас собор назавжди залишився символом державної потужності, яскравим прикладом того, як передова будівельна індустрія здатна утвердити геополітичний статус нації.

Лекція 5. Магдебурзьке право в Україні: архітектура ратуш та формування європейських цінностей вільного демократичного суспільства

Вступ. Магдебурзьке право як рушій містобудівної революції

У XIV–XVIII століттях відбувалося активне впровадження європейських традицій міського самоврядування на українських землях (добування прав Києвом, Львовом, Кам'янцем-Подільським) [cite: 10]. Здобуття Магдебурзького права не лише звільняло міста від управління королівськими чи князівськими намісниками, але й докорінно змінювало їхню архітектурно-просторову організацію [cite: 10]. Для майбутнього інженера-будівельника цей період є ключовим, оскільки він демонструє прямий зв'язок між демократизацією суспільства, економічною свободою та розвитком цивільної інфраструктури.

1. Архітектурно-просторова організація міських центрів: площа Ринок

З отриманням самоврядування змінюється містобудівна концепція. Якщо раніше центром міста був князівський замок (дитинець) або оборонна цитадель, то тепер фокус зміщується на економічно-громадський простір. Головним елементом планування стають торгові площі [cite: 10], які традиційно отримують назву «Ринок».

- **Геометрія простору:** Площа Ринок зазвичай мала прямокутну або квадратну форму. Від її кутів розходилися головні магістральні вулиці (часто по дві з кожного кута), утворюючи чітку сітку кварталів.
- **Функціональне зонування:** На площі концентрувалося економічне життя: тут розташовувалися торгові ряди, крамниці, міська вага, колодязі (або фонтани), а також стовп ганьби (прангер) як символ міського правосуддя.
- **Забудова:** Навколо площі зводилися найдорожчі кам'яні будинки (кам'яниці) найзаможніших містян (патриціату). Правила забудови суворо регламентувалися: фасад будинку на площі зазвичай не міг мати більше ніж три-чотири вікна, що забезпечувало рівний доступ до престижного простору для більшої кількості власників.

2. Архітектура ратуш як символів магістратської влади

Домінантою площі Ринок та всього вільного міста ставала **ратуша** (від нім. Rathaus — будинок ради). Її зведення було не лише технічним завданням, а й маніфестацією незалежності. Ратуші як символи магістратської влади [cite: 10] проєктувалися з використанням найсучасніших на той час європейських будівельних технологій (готика, ренесанс, згодом бароко).

Архітектурний елемент ратуші	Інженерне та суспільне значення
Висотна вежа	Символ незалежності міста. Виконувала функцію пожежної каланчі та спостережного пункту. Вимагала складних розрахунків стійкості (глибокі фундаменти, потужні контрфорси).

Архітектурний елемент ратуші	Інженерне та суспільне значення
Міський годинник (дзигар)	Встановлювався на вежі. Високотехнологічний механізм, який символізував новий, комерційний вимір часу — час вільних підприємців та ремісників, що більше не залежав виключно від церковних дзвонів.
Зали засідань магістрату	Просторі приміщення для ради (райців) та суду (лавників). Оздоблювалися передовими системами склепін та монументальним розписом, що підкреслювало верховенство права.
Підвали (пивниці)	Глибокі, перекриті потужними циліндричними склепіннями приміщення. Використовувалися як міська скарбниця, архів, арсенал та в'язниця.



(Архітектура Ратуші)

3. Вплив самоврядування на розвиток ремесел та цехові будівлі

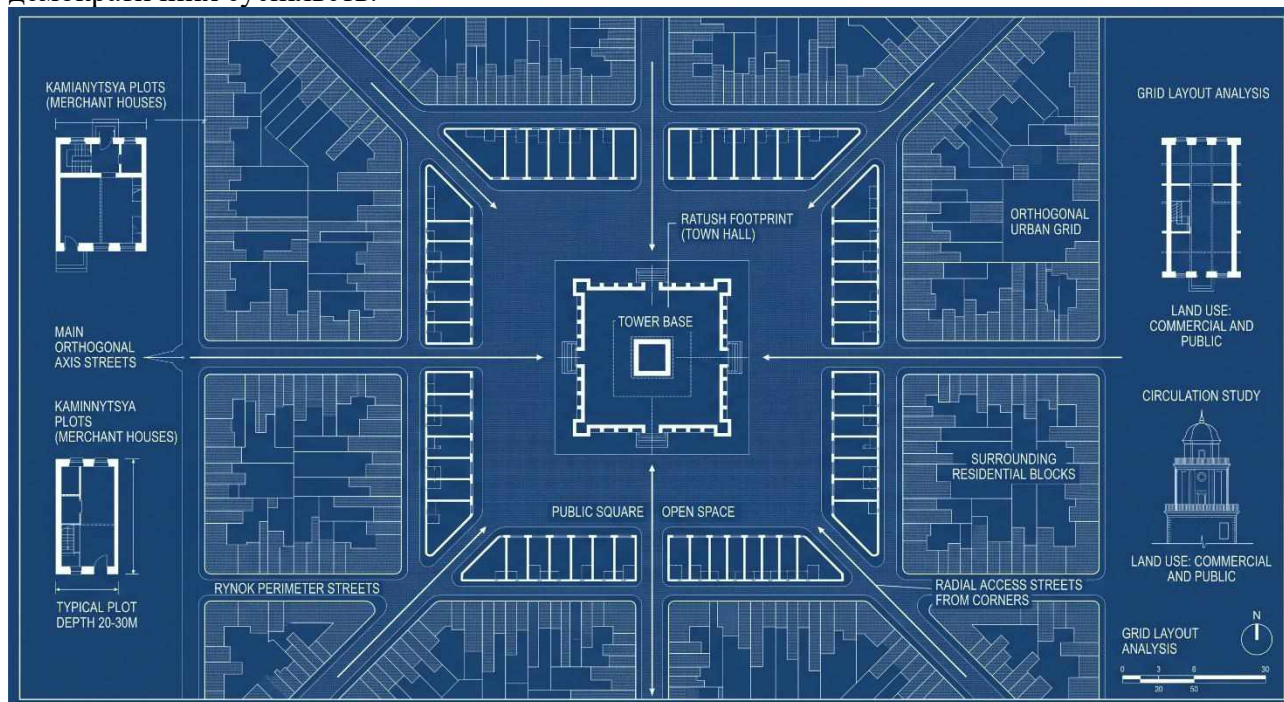
Магдебурзьке право стимулювало економічне піднесення, що мало значний вплив самоврядування на розвиток ремесел [cite: 10]. Будівельники, каменярі, теслярі та ковалі об'єднувалися у професійні гільдії — цехи.

Цех функціонував як сучасна саморегулювальна організація у сфері будівництва:

1. **Контроль якості:** Цехові статuti суворо регламентували технологію виробництва будівельних матеріалів, марку цегли, пропорції розчинів. Неякісна робота каралася великими штрафами або виключенням із цеху (втратою права на професію).
2. **Кваліфікація:** Щоб стати майстром, учень (термінатор) мав пройти багаторічне навчання, попрацювати підмайстром (челядником) в інших європейських містах та здати іспит — виконати «шедевр» (складне архітектурне чи інженерне завдання).
3. **Цехові будівлі:** Кожен впливовий цех мав власну будівлю для зборів. Вони проєктувалися з особливою ретельністю, адже слугували «візитною картою» професіоналізму майстрів.

4. Формування європейських цінностей вільного демократичного суспільства

Архітектурний простір магдебурзького міста виховував нову людину. Фізичне середовище, де домінувала не фортеця феодала, а будівля міського самоврядування (ратуша), сприяло формуванню громадянських свобод, верховенства права та свідомості вільних містян [cite: 10]. Містяни самостійно фінансували прокладання дерев'яних та керамічних водогонів, брукування вулиць каменем та зведення фортифікаційних споруд (кожен цех відповідав за оборону певної ділянки мурів або вежі). Спільна відповідальність за міську інфраструктуру формувала почуття власності, громадянського обов'язку та солідарності — тих самих фундаментальних принципів, на яких сьогодні базується концепція сталого розвитку демократичних суспільств.



Висновки

Магдебурзьке право не лише інтегрувало українські міста в європейський юридичний простір, але й заклало основи сучасної європейської урбаністики. Ратуші стали уособленням незалежності та демократичного управління, а цехова система забезпечила високі стандарти інженерної та будівельної справи. Для сучасного фахівця-будівельника досвід магдебурзьких міст є яскравим прикладом того, як розвиток правових інститутів та свобода підприємництва стимулюють інновації в архітектурі та формують комфортне, безпечне міське середовище.

Лекція 6. Фортифікаційна інженерія (замки бастионного типу) та мілітарна культура доби Речі Посполитої

Вступ. «Військова революція» та нові виклики для будівельної галузі

У XVI–XVII століттях українські землі у складі Речі Посполитої опинилися в епіцентрі бурхливих військово-політичних подій. Цей період супроводжувався так званою «військовою революцією», головним чинником якої стало масове поширення та вдосконалення вогнепальної артилерії. Для тогочасних архітекторів та будівельників це стало колосальним професійним викликом, який зумовив еволюцію оборонного будівництва під впливом поширення вогнепальної артилерії [cite: 10]. Відповіддю інженерної думки на появу важких гармат стала кардинальна зміна парадигми фортифікації, що безпосередньо вплинуло на мілітарну культуру та організацію простору міст і замків бастионного типу [cite: 10].

1. Еволюція оборонного будівництва: криза середньовічних мурів

До кінця XV століття основою оборони міст і замків залишалися високі, відносно тонкі кам'яні або цегляні стіни, увінчані машикулями (навісними бійницями) та високими баштами. Їхньою головною метою було запобігання подоланню стіни за допомогою штурмових драбин.

Однак із появою облогової артилерії (мортир і кулеврин), що стріляла важкими чавунними ядрами, високі мури виявилися вразливими. Пряме влучання масивного ядра легко пробивало тонку кам'яну стіну, спричиняючи обвали, які одночасно засипали оборонний рів і створювали

зручний пологий підйом для ворожої піхоти. З огляду на ці загрози розпочався активний перехід від високих середньовічних мурів до потужних низьких бастионних систем [cite: 10].

2. Бастионна система (Trace Italienne): інженерія та геометрія

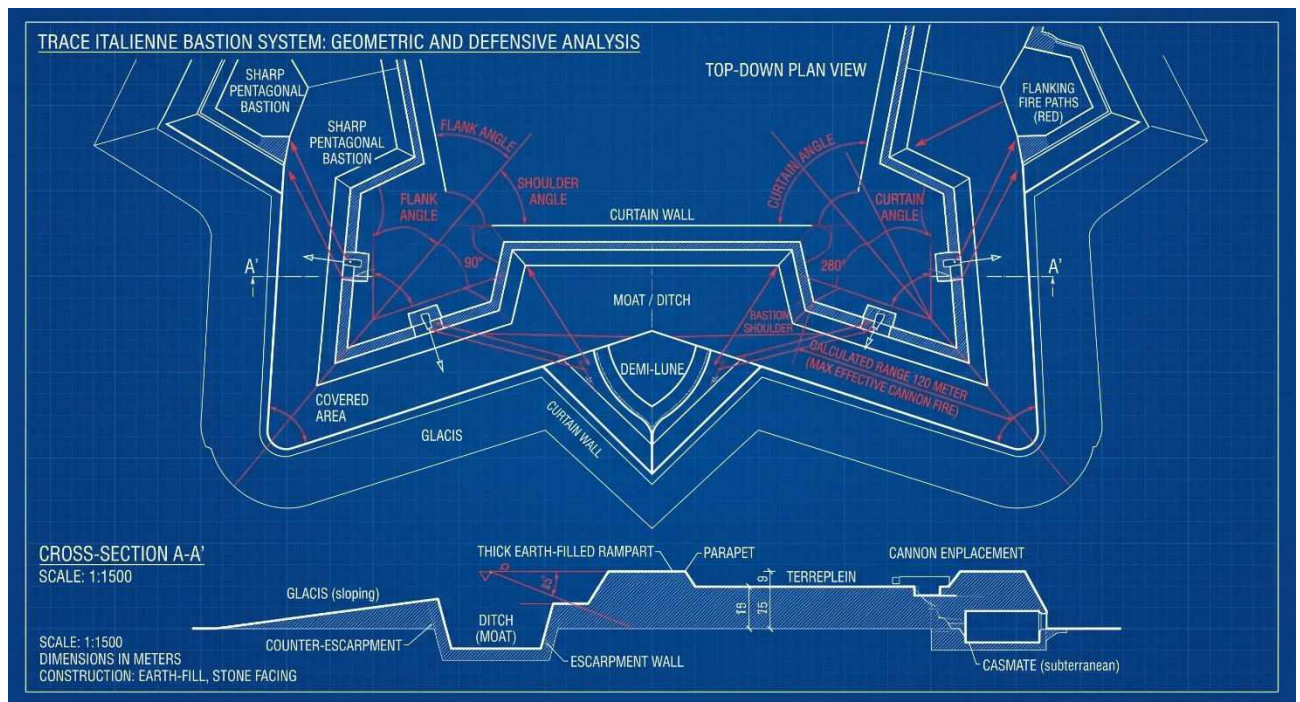
Нова система, відома як староіталійська (Trace Italienne), базувалася на строгих математичних розрахунках і законах балістики, що перетворило архітектуру на точну науку.

Елемент бастионної системи	Інженерне призначення
Бастион	П'ятикутна земляна або кам'яна споруда на кутах фортеці, що прийшла на зміну круглим вежам. Її геометрія ліквідувала "сліпі (мертві) зони", дозволяючи вести щільний перехресний вогонь.
Куртина	Ділянка стіни між двома бастионами. Знижена по висоті, але значно потовщена. Надійно захищалася фланговим вогнем із сусідніх бастионів.
Ескарп та контрескарп	Внутрішній (ближчий до фортеці) та зовнішній схили оборонного рову. Часто облицьовувалися каменем для запобігання осипанню та ускладнення штурму.
Гласіс	Пологий земляний насип перед ровом. Відігравав роль екрану, який приховував кам'яні стіни фортеці від прямого наведення ворожої артилерії, змушуючи нападників наступати відкритою місцевістю.

3. Інженерні розрахунки та матеріалознавство

Проектування нових фортець вимагало високого рівня математичної та геодезичної підготовки. Основою роботи інженера-фортифікатора стали точні інженерні розрахунки кутів обстрілу, товщини земляних валів і казематів [cite: 10].

- **Кути обстрілу:** Геометрія фасів (передніх сторін) та фланків (бічних сторін) бастиону розраховувалася так, щоб артилерія могла прострілювати рів перед куртиною і сусіднім бастионом, створюючи суцільну зону ураження (фланкування).
- **Товщина земляних валів:** Земля стала головним будівельним матеріалом. На відміну від каменю, який розлітався від ударів ядер, товстий утрамбований земляний вал (завширшки 10-20 метрів) чудово поглинав кінетичну енергію гарматного ядра, не створюючи небезпечних осколків.
- **Каземати:** Усередині земляних валів конструювалися каземати — склепінчасті кам'яні або цегляні приміщення для гарнізону та зберігання боєприпасів. Їхні перекриття (циліндричні склепіння) розраховувалися на витримування надвеликих навантажень від прямих влучань мортирних бомб.



(Бастіонна система)

4. Видатні зразки бастіонної фортифікації в Україні

На українських землях принципи нової фортифікації втілювали найкращі європейські інженери (Гійом Левассер де Боплан, Андреа дель Аква та інші). Класичними зразками переходу до нової системи стали Підгорецький, Кам'янець-Подільський, Збараський замки [cite: 10].

- **Кам'янець-Подільська фортеця (Новий замок):** У XVII столітті перед середньовічним Старим замком, який вже не міг витримувати артилерійських обстрілів, інженер Теофіл Шомберг звів горнверк — систему потужних земляних бастіонів і напівбастіонів, облицьованих каменем (так званий Новий замок). Це значно відсунуло лінію вогню ворога від міста.
- **Підгорецький замок:** Унікальний зразок концепції "palazzo in fortezza" (палац у фортеці). Розкішний ренесансний палац був оточений сучасною системою бастіонних укріплень (земляні вали з кутовими бастіонами та глибоким ровом). Це демонструвало поєднання комфортного житла для магната та міцної військової бази.
- **Збараський замок:** Регулярна бастіонна фортеця квадратного плану, спроектована в стилі пізнього ренесансу. Широкі земляні вали з чотирма бастіонами по кутах та розвиненими казематами витримали знамениту облогу 1649 року.



(Підгорецький замок (Palazzo in Fortezza))

5. Фортифікація як соціальний інструмент та гарантія прав

В умовах постійної військової загрози на прикордонних землях (Татарський шлях, Дике Поле) фортифікаційна інженерія набула глибокого соціального змісту. Надійно спроектовані захисні споруди розглядалися як інструмент гарантування безпеки, захисту прав і свобод населення у прикордонних регіонах [cite: 10].

Наявність потужного сучасного замку дозволяла містянам і селянам навколишніх сіл знаходити прихисток під час набігів. Утримання цих фортець вимагало величезних фінансових ресурсів, тому навколо них часто формувалися вільні слободи, мешканці яких отримували звільнення від податків (на 10-20 років) в обмін на участь у будівництві та обороні. Таким чином, мілітарна архітектура ставала каталізатором розвитку вільної економіки та захисту громадянських прав.

Висновки

Перехід до бастионної системи в епоху Речі Посполитої засвідчив високий рівень розвитку інженерно-математичної думки. Земля і розрахована геометрія виявилися ефективнішими за високі, але крихкі кам'яні мури. Сучасний будівельник, вивчаючи досвід проєктування замків-бастионів, засвоює важливість гнучкої адаптації конструктивних рішень до нових технологічних викликів, раціонального використання місцевих матеріалів та усвідомлює соціальну відповідальність інженера за безпеку життєдіяльності громади в екстремальних умовах.

Лекція 7. Козацька держава та дерев'яна архітектура: Троїцький собор у Новомосковську як відображення демократичного устрою Війська Запорозького

Вступ. Дерев'яне зодчество як маркер національної ідентичності

У період становлення та розквіту Козацької держави (Війська Запорозького) на теренах України формується унікальна архітектурна традиція. На відміну від Західної Європи, де домінувало кам'яне будівництво, в Україні провідним матеріалом залишалося дерево. Для майбутнього інженера-будівельника феномен козацького будівництва та унікальні традиції плотарства й народної плотницької інженерії [cite: 10] становлять особливий інтерес. Вони демонструють не лише глибоке розуміння фізико-механічних властивостей деревини, а й здатність втілювати суспільно-політичні ідеали у просторових формах.

1. Феномен народної плотницької інженерії

Козацька архітектура базувалася на багатовіковому досвіді народних майстрів, які передавали знання з покоління в покоління без формальних креслень чи математичних розрахунків. Цей

емпіричний досвід дозволяв створювати шедеври, що вражають своєю надійністю та довговічністю.

- **Матеріалознавство:** Основним матеріалом слугувала деревина твердих (дуб) та хвойних (сосна, модрина) порід. Дерево заготовляли у строго визначений зимовий період, коли рух соків зупинявся, що забезпечувало мінімальну усадку та стійкість до гниття.
- **Традиції плотарства:** Транспортування деревини річками (сплав лісу) вимагало високої майстерності плотогонів і сприяло розвитку навичок просторового мислення, які згодом застосовувалися у будівництві складних зрубів.
- **Відсутність жорстких кріплень:** Головним принципом плотницької інженерії було зведення конструкцій без використання металевих елементів, які в умовах перепадів температур конденсують вологу і викликають швидке гниття деревини.

2. Архітектурно-конструктивний аналіз Троїцького собору в Новомосковську

Найвищим досягненням української дерев'яної монументальної архітектури є Троїцький собор у Новомосковську (історична назва міста — Самар, центр Самарської паланки Вольностей Запорозьких). Храм був збудований у 1773–1778 роках видатним народним майстром Якимом Погрібняком. Цей об'єкт потребує детального архітектурно-конструктивного аналізу [cite: 10].

Конструктивний параметр	Технічне рішення Якима Погрібняка
Просторова композиція	Унікальна дев'ятибанна дерев'яна споруда [cite: 10]. У плані це дев'ятидільний храм: центральний найвищий зруб (вежа) оточений вісьмома нижчими зрубами, що формують хрещату композицію.
З'єднання елементів	Будівництво здійснено виключно завдяки системі дерев'яних замків (врубок) і тиблів (дерев'яних кілків) без використання залізних цвяхів [cite: 10]. Це забезпечило еластичність споруди під час вітрових навантажень.
Висотна стійкість	Висота центральної бані сягає близько 65 метрів. Для запобігання перекиданню майстер застосував пірамідальне звуження зрубів догори (так званий «залом») та взаємне спірання дев'яти веж одна на одну.
Основа (фундамент)	Собор спирається не на кам'яний фундамент, а на дубові підвалини, встановлені на гідроізоляційний шар, що захищає нижні вінці зрубу від ґрунтових вод.



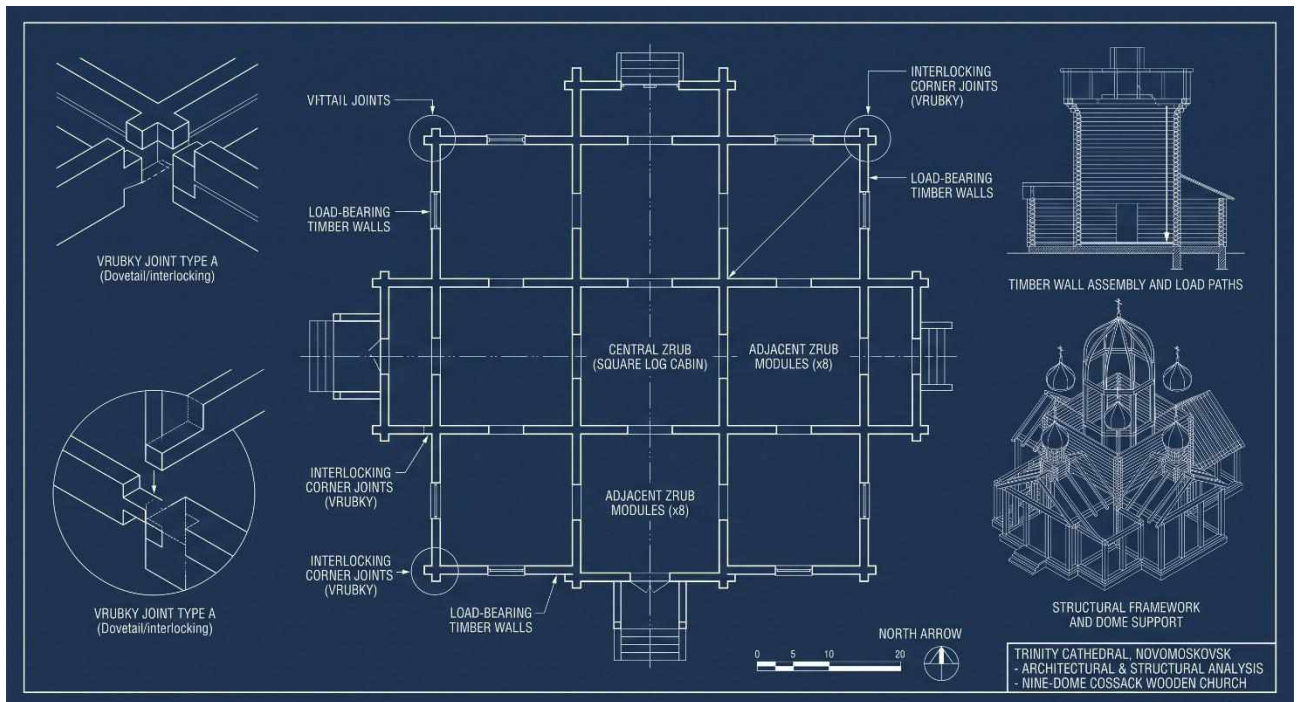
(Екстер'єр Троїцького собору)

3. Соціальний та політичний вимір: архітектура козацької демократії

В архітектурі не буває випадкових форм. Троїцький собор у Новомосковську є прямим відображенням демократичного устрою Війська Запорозького [cite: 10]. На відміну від католицьких готичних соборів, де домінує одна стрімка вісь (символ ієрархічної влади Бога та монарха), або базилік з яскраво вираженою головною навою, український дев'ятидільний храм є центричним та симетричним з усіх боків.

Тут простежується нерозривний зв'язок між горизонтальною структурою козацької демократії (виборність старшини, рада) та просторовою гармонією монументального дерев'яного зодчества [cite: 10].

1. **Рівність та поліцентричність:** Дев'ять бань символізують рівність різних складових частин громади (куренів), які об'єднуються навколо єдиного центру. Кожен із дев'яти зрубів має свою автономію (власний дах-баню), але водночас є невід'ємною частиною міцного цілого.
2. **Відкритість простору (Січова Рада):** Собор не має чітко вираженого «головного» фасаду. З якого б боку людина не підійшла до будівлі, вона бачить гармонійну, завершену композицію з трьома домінуючими банями. Це нагадує Козацьку Раду — відкрите коло, де кожен вільний козак мав право голосу.
3. **Колективне фінансування:** Будівництво собору було профінансоване не одноосібним монархом, а коштом усієї громади, старшини та простих козаків-запорожців, що підкреслює колективний, республіканський характер цієї держави.



(Конструктивний план собору)

Висновки для майбутнього інженера

Троїцький собор у Новомосковську — це тріумф інтуїтивної будівельної механіки та соціальної філософії у дереві. Зведення дев'ятибанної споруди без жодного цвяха демонструє неперевершений рівень знань про внутрішні напруження матеріалів, опір вітровим навантаженням та просторову жорсткість багатоелементних систем. Сучасному фахівцю цивільної інженерії цей об'єкт нагадує про те, що архітектура є не лише інструментом вирішення утилітарних завдань, але й найвиразнішим відображенням суспільних цінностей, демократії та національного духу.

Лекція 8. Мазепинське бароко: естетика, пластика фасадів та масштабне меценатство як прояв активної громадянської позиції

Вступ. Доба Гетьманщини як час економічного та культурного піднесення

Кінець XVII – початок XVIII століття в історії України ознаменувалися періодом Гетьманщини, який увійшов до вітчизняної та європейської історії як доба економічного, інтелектуального та культурного піднесення [cite: 10]. Центральною постаттю цього часу став гетьман Іван Мазепа. Для фахівців у галузі будівництва та цивільної інженерії цей етап надзвичайно важливий, оскільки він демонструє масове відродження монументального кам'яного будівництва, синтез західноєвропейських архітектурних тенденцій з місцевими традиціями та появу унікального стилю — українського (мазепинського) бароко [cite: 10].

1. Феномен українського (мазепинського) бароко як синтез культур

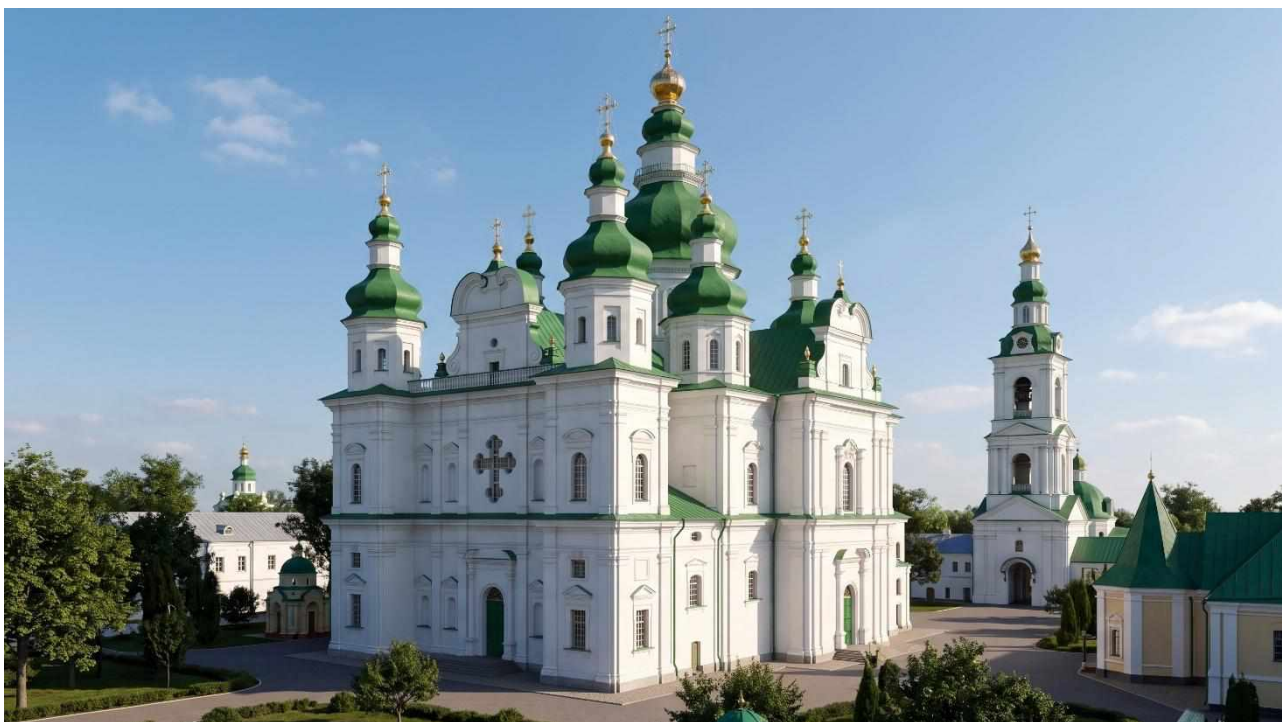
Українське бароко (або мазепинське бароко) сформувалося внаслідок творчого переосмислення західноєвропейських барокових впливів (що йшли через Центральну Європу та Реч Посполиту) та глибоких національних традицій дерев'яного і давньоруського зодчества [cite: 10].

- **Синтез форм:** На відміну від пишного, іноді перевантаженого західноєвропейського бароко, мазепинське бароко вирізнялося конструктивною яскравістю, гармонійністю пропорцій та вертикальним спрямуванням силуетів.
- **Трансляція дерев'яних форм у камінь:** Багатокамерність і групування об'ємів, притаманні народній дерев'яній архітектурі, були геніально перенесені зодчими (такими як Степан Ковнір, Осип Зарудний) у кам'яні монументальні споруди.
- **Просторова динаміка:** Використання складних планів, багатоярусних бань, хрещатих композицій та вигадливих фронтонів створювало враження руху і просторової свободи.

2. Знакові об'єкти епохи: еволюція та модернізація сакральної інфраструктури

Масштабні інвестиції гетьмана Івана Мазепи та козацької старшини дозволили відновити десятки зруйнованих ще з часів монгольської навали пам'яток та звести нові інженерно-архітектурні шедеври [cite: 10].

Архітектурний об'єкт	Інженерно-стильові особливості
Модернізація Софійського собору в Києві	Зовнішні галереї собору були надбудовані, над ними зведено нові барокові фронтони та грушоподібні куполи. Фасади оштукатурено та побілено, що повністю змінило естетику споруди, зберігши давньоруське монументальне ядро.
Троїцький собор у Чернігові	Шедевр архітектора Івана Баптиста (Йогана Баптиста Перзана). Монументальний шестистовпний тринавний храм із сімома банями, що поєднує риси давньоруського зодчества та західноєвропейського бароко.
Церква Всіх Святих у Києво-Печерській лаврі	Надбрамна церква-вежа, зведена на кошти Івана Мазепи. Поєднує трикамерну структуру народного дерев'яного будівництва з витонченою бароковою пластикою фасадів та багатим орнаментальним декором.



(Архітектура мазепинського бароко)

3. Естетика та пластика фасадів: інженерно-декоративні рішення

Фасади будівель доби мазепинського бароко перестали бути просто несучими площинами — вони перетворилися на складні художньо-просторові композиції.

- **Пластика стін:** Застосування розкрепованих пілястр, колон різних ордерів, профільованих карнизів та ніш створювало відчуття глибокої світлотіньової гри (к'яроскуро).
- **Фронтони та завершення:** Вигадливі криволінійні фронтони (скатні, напівкруглі, щипцеві) приховували дахи та надавали спорудам стрімкого вертикального ритму.
- **Колористика:** Класичним контрастом мазепинського бароко стало поєднання білосніжних стін і пілястр із глибоким насиченим кольором (блакитним, зеленим або

Друга половина XIX – початок XX століття стали часом стрімкої індустріалізації українських земель. Промисловий переворот, що розпочався з будівництва залізниць та модернізації металургійної і вугледобувної галузей, кардинально змінив вигляд міст. Для майбутнього інженера-будівельника цей період є епохою зародження сучасної цивільної інженерії. Масова урбанізація вимагала зведення багатоповерхових прибуткових будинків, вокзалів, фабричних

цехів та мостів, що було неможливо реалізувати виключно за допомогою традиційної цегли чи дерева.

1. Залізобетон: синергія матеріалів та технологічний прорив

Відповіддю на виклики часу стала поява та стрімке поширення нового композитного матеріалу — залізобетону. Його впровадження здійснило справжню революцію в конструюванні та архітектурній фізиці.

- **Механіка композиту:** Інженерна геніальність залізобетону полягає у синергії двох матеріалів. Бетон відмінно витримує навантаження на стиск, але є відносно крихким на розтяг. Сталева арматура, навпаки, чудово працює на розтяг. Їх поєднання дозволило створювати конструкції, здатні витримувати колосальні комплексні навантаження (згини, кручення).
- **Термічна сумісність:** Бетон і сталь мають майже однаковий коефіцієнт температурного розширення. Це запобігає руйнуванню моноліту при перепадах температур, що є критично важливим для кліматичних умов.
- **Вогнестійкість та антикорозійність:** Шар бетону захищає сталевий каркас від корозії та впливу відкритого вогню, вирішуючи головну проблему виключно металевих конструкцій того часу.

2. «Будинок з химерами»: маніфест цементу та інженерний шедевр

Найяскравішим прикладом використання інноваційних матеріалів в Україні став «Будинок з химерами» у Києві (1901–1903 рр.), спроектований видатним архітектором і підприємцем Владиславом Городецьким.

Ця споруда була не просто житловим будинком, а масштабним рекламним проєктом, що мав розкрити потенціал цементу (зокрема виробництва заводу «Фор»). З інженерної точки зору об'єкт вирізняється безпрецедентними для свого часу рішеннями:

Інженерний виклик	Новаторське рішення В. Городецького (залізобетон)
Складний рельєф (урвище)	Будівлю зведено на крутому схилі. З боку вулиці Банкової будинок має три поверхи, а з боку площі Франка — шість. Для стабілізації ґрунту вперше на теренах України було масово застосовано ступінчастий фундамент на глибоких набивних бетонних палях (система інженера А. Страуса).
Каркасна жорсткість	Монолітні залізобетонні перекриття та несучі елементи дозволили створити вільне планування інтер'єру та забезпечити сейсмічну і зсувну стійкість масивної багатоповерхової споруди на нестабільному ґрунті.
Складна фасадна пластика	Всі скульптурні елементи фасадів (химери, носороги, слони, русалки), створені скульптором Елію Саля, були відлиті не з гіпсу чи м'якого каменю, а з високоміцного цементу. Це довело, що бетон може бути не лише чорновим конструктивним, а й довершеним декоративним матеріалом.

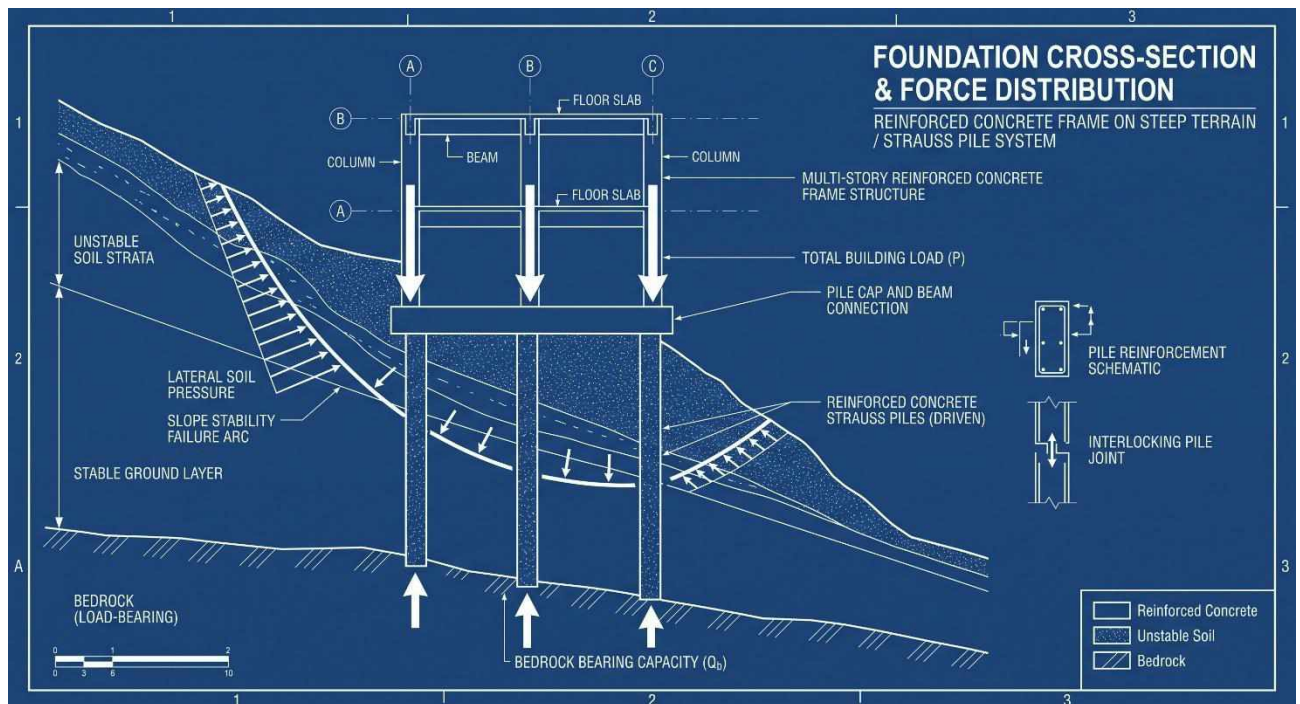


(Будинок з химерами)

3. Розвиток вільного підприємництва та будівельні підряди

Поява нових технологій була тісно пов'язана з розвитком капіталістичних відносин та вільного підприємництва після скасування кріпацтва (1861 р.). Будівництво перетворилося на одну з найприбутковіших сфер бізнесу.

1. **Акціонерні товариства:** Для створення потужних цементних заводів, металургійних комбінатів та цегельень підприємці об'єднували капітали через випуск акцій. Це дозволяло залучати величезні іноземні (бельгійські, французькі, британські) та місцеві інвестиції для розбудови виробничих потужностей.
2. **Ринок нерухомості:** Формується концепція прибуткового будинку (багатоквартирного житла, збудованого спеціально для здачі в оренду). Архітектори (наприклад, О. Бекетов у Харкові, В. Городецький у Києві) часто виступали одночасно як проєктувальники, девелопери та співвласники нерухомості.
3. **Будівельні контори:** Виникає інститут генерального підряду. Приватні будівельні контори брали на себе повний цикл робіт: від геологічних вишукувань та закупівлі арматури до фінального оздоблення. Це стимулювало стандартизацію процесів, впровадження важкої техніки та розвиток будівельної логістики.



(Пальовий фундамент)

Висновки

Промисловий переворот та поява залізобетону назавжди змінили філософію цивільної інженерії. «Будинок з химерами» продемонстрував безмежні структурні та естетичні можливості нових матеріалів, а його зведення на надскладному рельєфі довело першорядну роль точних математичних і геодезичних розрахунків. Водночас розвиток вільного підприємництва, акціонерного капіталу та приватної ініціативи створив економічний базис для розбудови сучасної міської інфраструктури, що є актуальним прикладом ефективного функціонування будівельної галузі в умовах відкритого ринку.

Лекція 10. Харківський конструктивізм (Держпром): монолітні конструкції та вплив тоталітарного режиму на свободу архітектурної думки

Вступ. Харків як епіцентр архітектурного авангарду

У 1920-х роках, коли Харків став столицею УСРР, місто перетворилося на масштабний випробувальний майданчик для новітніх архітектурних та інженерних ідей. Провідним стилем цієї епохи став конструктивізм — авангардний напрям, який проголосив відмову від декоративності на користь функціональності, суворой геометрії та оголення конструктивних елементів. Для цивільної інженерії цей період ознаменувався переходом від традиційних будівельних методів до індустріального монолітного залізобетону.

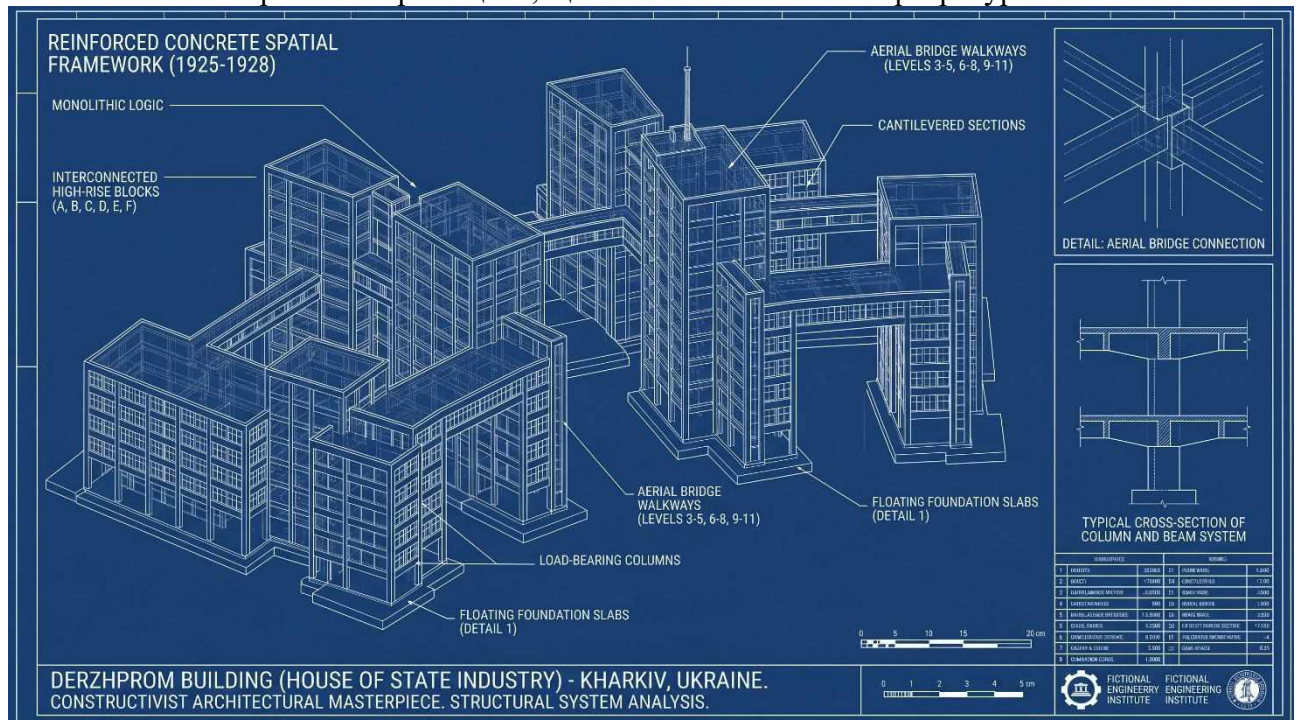
1. Будинок Державної промисловості (Держпром): триумф інженерії

Символом епохи і найвидатнішою пам'яткою конструктивізму є Держпром (1925–1928 рр.) — перший європейський хмарочос, спроектований архітекторами С. Серафимовим, С. Кравцем та М. Фельгером. Його зведення стало справжнім технологічним проривом, який вимагав вирішення надскладних інженерних завдань.

- **Суцільний монолітний каркас:** Держпром є колосальною просторовою рамою з монолітного залізобетону. Об'єм будівлі становить 347 тис. кубічних метрів. Використання моноліту забезпечило будівлі виняткову просторову жорсткість та стійкість до динамічних навантажень.
- **Фундаментні рішення:** Будівля розташована на ділянці зі складними гідрогеологічними умовами. Інженери застосували систему суцільних залізобетонних плит під кожним із дев'яти блоків (так звані «плаваючі фундаменти»), що дозволило уникнути нерівномірного осідання колосальної маси будівлі.
- **Радіальне планування та переходи:** Блоки Держпрому об'єднані на різних рівнях закритими мостовими переходами. Ці переходи не лише забезпечують функціональну

логістику, але й працюють як конструктивні зв'язки (діафрагми жорсткості), що об'єднують окремі корпуси в єдину сейсмостійку систему.

- **Природна інсоляція:** Завдяки великій площі стрічкового скління (вікна займають понад 50% площі фасадів) інженери досягли максимального рівня природного освітлення робочих приміщень, що значно економило енергоресурси.



(Монолітний каркас Держпрому)

2. Філософія конструктивізму: форма слідує за функцією

Конструктивізм як архітектурний стиль кардинально змінив підхід до проектування. Естетика будівлі формувалася не за рахунок наліпного декору (ліпнини, карнизів), а завдяки ритміці самих конструкцій. Основні постулати:

1. **Функціоналізм:** Внутрішнє призначення будівлі повністю диктує її зовнішній вигляд.
2. **Геометричний пуризм:** Використання чистих геометричних форм — циліндрів, кубів, паралелепіпедів.
3. **Плоскі дахи:** Вперше в масовому цивільному будівництві дахи стали плоскими та експлуатованими (як тераси або зони відпочинку).



(Держпром у Харкові)

3. Тоталітарний режим та згортання свободи архітектурної думки

Період вільного авангардного проектування виявився коротким. На початку 1930-х років зі зміцненням сталінського тоталітарного режиму відбулася різка зміна державної парадигми в архітектурі. Радянська влада усвідомила, що архітектура є потужним інструментом ідеологічного впливу.

Вільний і раціональний конструктивізм було оголошено «буржуазним» і «формалістичним». На його зміну директивно прийшов **соціалістичний реалізм (сталінський ампір)**.

Критерій порівняння	Конструктивізм (Держпром)	Сталінський ампір (Тоталітаризм)
Інженерна логіка	Оголення конструкції; краса в ефективному розподілі навантажень.	Приховування сучасних конструкцій за важким псевдоісторичним декором.
Ергономіка та функція	Орієнтація на світло, простір, зручність для людини.	Гігантоманія, пригнічення людини масштабом, акцент на величі держави.
Естетика фасадів	Гладкий бетон, суцільне скло, відсутність зайвого.	Колони, пілястри, ліпнина, радянська символика (серпи, молоти, зірки).

4. Наслідки для будівельної галузі

Ідеологічний диктат мав катастрофічні наслідки для професійного середовища. Багато талановитих архітекторів та інженерів, які не бажали підкорятися новим догмам, зазнали репресій. Будівельна галузь була змушена витратити колосальні ресурси не на впровадження

нових технологій чи покращення житлових умов населення, а на виготовлення дорогих декоративних фасадів, мармурових облицювань та шпилів, що не мали жодного конструктивного обґрунтування.

Висновки

Держпром залишається видатним прикладом того, яких вражаючих результатів може досягти інженерно-будівельна думка в умовах творчої свободи. Використання монолітного залізобетону для створення складної просторової системи відкрило нову еру в цивільному будівництві України. Водночас трагічна доля конструктивізму наочно демонструє, як втручання тоталітарної держави у сферу науки та архітектури зупиняє технологічний прогрес, підмінюючи інженерну доцільність ідеологічним пафосом.

Лекція 11. Гідротехнічне будівництво: епопея спорудження ДніпроГЕСу та екологічні наслідки для сталого розвитку регіону

Вступ. Гідротехнічна інженерія як інструмент модернізації

У 1920–1930-х роках гідротехнічне будівництво стало ключовим вектором індустріалізації радянської економіки. Найамбітнішим мегапроектом цієї епохи на території України стало спорудження Дніпровської гідроелектростанції (ДніпроГЕС) у Запоріжжі (1927–1932 рр.). Для фахівця з цивільної інженерії цей об'єкт є безпрецедентним прикладом вирішення комплексних гідротехнічних, логістичних та енергетичних завдань. Водночас він є першим в українській історії наочним уроком того, яку колосальну екологічну ціну може мати незбалансоване втручання в екосистему річкового басейну.

1. Інженерно-конструктивні особливості ДніпроГЕСу

Проект гідровузла, розроблений під керівництвом інженера Івана Александрова та архітектора Віктора Весніна, став видатним досягненням світової гідротехніки. Унікальність споруди визначалася її масштабом та інноваційними для того часу конструктивними рішеннями.

Конструктивний елемент	Інженерне та гідротехнічне обґрунтування
Радіусна (дугова) гравітаційна гребля	Бетонна гребля довжиною 760 м була спроектована у вигляді дуги, вигнутої назустріч течії річки (радіус 600 м). Така геометрія дозволяє рівномірно передавати колосальний гідростатичний тиск води на міцні гранітні береги Дніпра, забезпечуючи стійкість масиву.
Водозливні бики та водозливи	Гребля складається з 47 биків (масивних бетонних опор), між якими розташовані водозливні отвори для скидання паводкових вод. Їх профіль розрахований за законами гідродинаміки для запобігання руйнівному впливу кавітації (утворенню вакуумних бульбашок) на бетон.
Машинний зал та турбіни	Розташований на правому березі. Архітектурно вирішений у стилі конструктивізму. Спочатку був оснащений найпотужнішими у світі радіально-осьовими гідротурбінами американської компанії «Newport News» та генераторами «General Electric».

2. Технологія бетонування та логістика будівництва

Будівництво ДніпроГЕСу супроводжувалося впровадженням нових технологій організації робіт (індустріального потоку).

- **Перемички (кесони):** Для укладання бетону насухо русло річки перекривали тимчасовими дерев'яно-кам'яними та ряжовими перемичками. Воду з котлованів відкачували потужними насосами, після чого проводили виїмку скельного ґрунту під основу греблі.
- **Механізація:** На об'єкті масово використовувалися механізовані бетонозмішувальні заводи, стрічкові конвесри, кабельні крани та залізничні естакади для подачі матеріалів.

- **Циклопічний бетон:** З метою економії цементу при заливанні тіла гравітаційної греблі широко застосовували укладання великих гранітних брил (бутового каменю), простір між якими заповнювався бетоном. У тіло греблі було вкрито близько 1,2 млн кубометрів бетону.

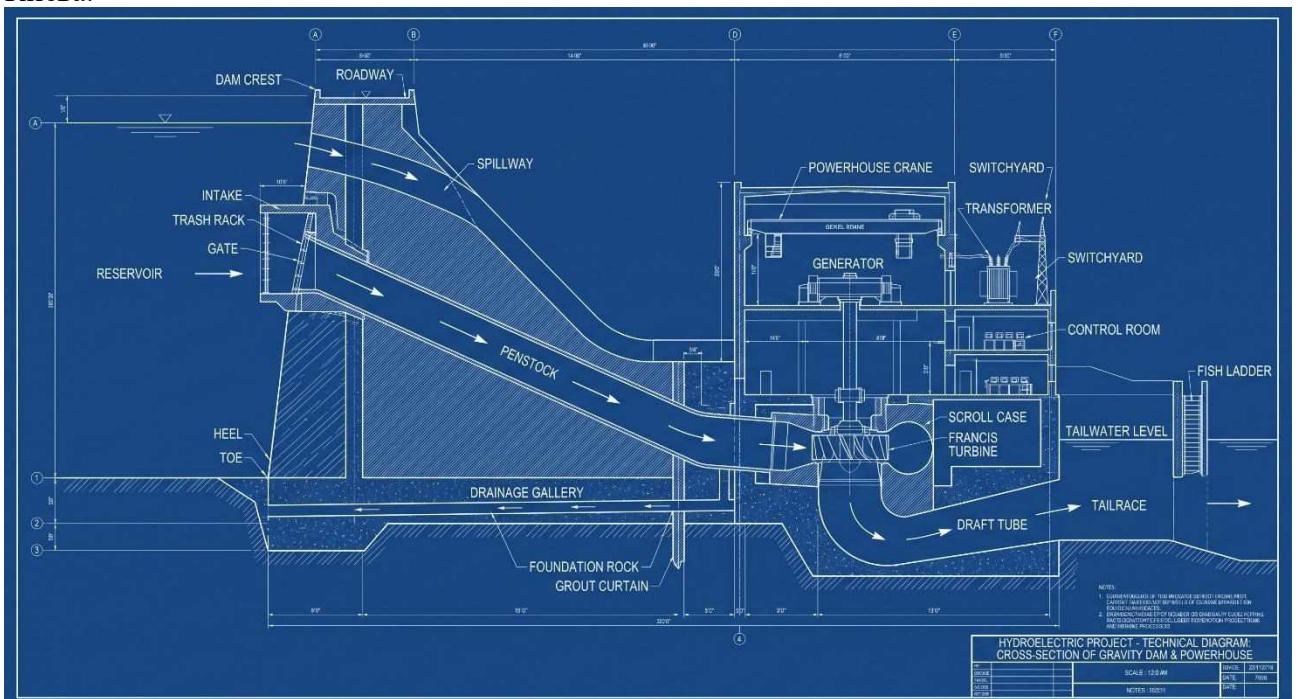


(Будівництво ДніпроГЕСу)

3. Транспортна інфраструктура: затоплення Дніпровських порогів

Окрім генерації електроенергії (для нових заводів «Запоріжсталь», «Дніпроспецсталь», алюмінієвого комбінату), другою стратегічною метою проєкту було створення суцільного глибоководного шляху. До будівництва греблі судноплавство на Дніпрі розривалося дев'ятьма гранітними порогами протяжністю понад 70 км.

Підняття рівня води майже на 37,5 метрів утворило Дніпровське водосховище, яке назавжди сховало пороги. Для пропуску суден на лівому березі був збудований унікальний трикамерний судноплавний шлюз, який дозволив кораблям безперешкодно курсувати від Чорного моря до Києва.



(Переріз гідровузла)

4. Екологічні наслідки та виклики для сталого розвитку

В епоху індустріалізації природа розглядалася виключно як ресурс. Зведення ДніпроГЕСу призвело до масштабних екологічних та культурних трансформацій, які сьогодні є класичним прикладом для вивчення в рамках дисциплін зі сталого розвитку та оцінки впливу на довкілля (ОВД).

1. **Знищення історичного ландшафту:** Під водами водосховища зник не лише унікальний природний феномен Дніпровських порогів, але й величезні території Великого Лугу — історичного серця Запорозького козацтва. Затоплено десятки сіл та археологічних пам'яток.
2. **Зміна гідрологічного режиму:** Перетворення річкової екосистеми (лотічної) на озерну (лентичну) призвело до різкого уповільнення течії. Наслідком стало замулення, заболочування мілководних ділянок та активне «цвітіння» води (розмноження ціанобактерій) у літній період, що погіршило якість водних ресурсів.
3. **Блокування міграції риб:** Гребля стала нездоланною перешкодою для прохідних і напівпрохідних видів риб (осетрові, оселедцеві), що йшли з Чорного моря на нерест. Неефективність рибопропускних споруд призвела до катастрофічного падіння рибопромислового потенціалу річки.
4. **Підтоплення територій:** Зміна рівня ґрунтових вод викликала підтоплення прилеглих сільськогосподарських угідь та населених пунктів, активізацію зсувних процесів на берегах водосховища.

Висновки для майбутнього інженера

ДніпроГЕС є яскравим підтвердженням могутності цивільної інженерії та її здатності реалізовувати проекти, що змінюють географію та економіку цілих країн. Проте досвід експлуатації таких мегаспоруд вчить сучасному правилу: будь-яке масштабне втручання в природу має свою ціну. Сучасний будівельник зобов'язаний керуватися принципами сталого розвитку, де економічна вигода від об'єкта (енергетика, логістика) повинна ретельно балансуватися з екологічною безпекою, збереженням біорізноманіття та історико-культурної спадщини регіону.

Лекція 12. Генеральні плани відбудови українських міст після Другої світової війни (Хрещатик у Києві)

Вступ. Масштаби руйнувань та виклики післявоєнної відбудови

Друга світова війна завдала катастрофічних збитків інфраструктурі та житловому фонду українських міст. Київ, Харків, Чернігів, Тернопіль та Севастополь лежали в руїнах. Відбудова міст стала безпрецедентним викликом для будівельної галузі, який вимагав не лише розчищення завалів, а й розробки принципово нових урбаністичних рішень [cite: 10]. Для сучасного фахівця-будівельника цей етап є показовим з точки зору комплексного підходу до розробки генеральних планів, модернізації інженерних мереж та створення нових містобудівних ансамблів.

1. Нова парадигма урбаністики: розробка Генеральних планів

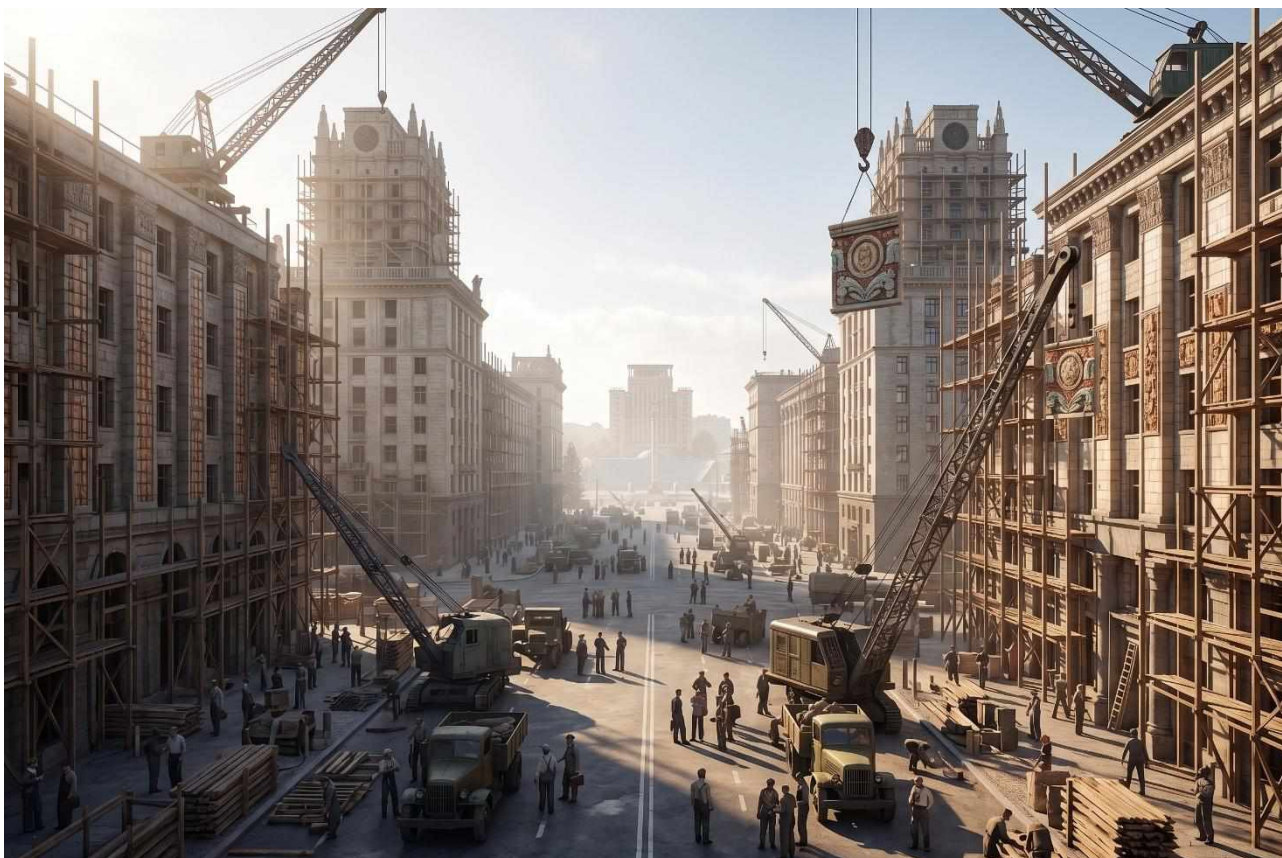
Відбудова не передбачала простого відновлення зруйнованого. Було прийнято стратегічне рішення кардинально перепланувати центри великих міст. В основу цього процесу лягли нові **Генеральні плани** [cite: 10].

- **Транспортна логістика:** Старі, вузькі вулиці розширювалися для пропуску зростаючих потоків автомобільного та громадського транспорту. Формувалися нові магістралі, транспортні розв'язки та площі.
- **Зонування (Zoning):** Чітке розмежування промислових зон, житлових масивів та рекреаційних територій. Великі заводи виносилися за межі історичних центрів з урахуванням рози вітрів для покращення екології.
- **Інженерна інфраструктура:** Відбудова стала приводом для повної модернізації підземних комунікацій: прокладання нових колекторів глибокого закладення, систем водопостачання, теплотрас та електричних мереж.

2. Архітектурно-інженерний проєкт відбудови Хрещатика

Головна вулиця Києва — Хрещатик — була майже повністю знищена восени 1941 року внаслідок серії вибухів і пожеж. У 1944 році розпочався відкритий конкурс на її відбудову, у якому перемогла група архітекторів під керівництвом О. Власова (а згодом А. Добровольського). Проект відбудови Хрещатика став наймасштабнішим ансамблевим рішенням у післявоєнній Європі [cite: 10].

Параметр	Інженерно-урбаністичне рішення
Ширина профілю	Вулицю розширили з дореволюційних 34 метрів до 75-100 метрів. Це дозволило створити широку проїжджу частину та просторі зелені бульвари для пішоходів.
Асиметрична забудова	Враховуючи складний рельєф, праву (парну) сторону вулиці забудували суцільним фронтом будівель, а ліву (непарну, що спирається на крутий пагорб) розкрили у вигляді курдонерів — парадних дворів з каскадними сходами і підпірними стінками.
Підземна гідротехніка	Під вулицею протікає підземна річка Хрещатик. Інженерам довелося реконструювати старі цегляні колектори, замінивши їх на потужні залізобетонні тунелі великого перерізу, здатні витримувати навантаження від нової забудови та майбутнього метрополітену.



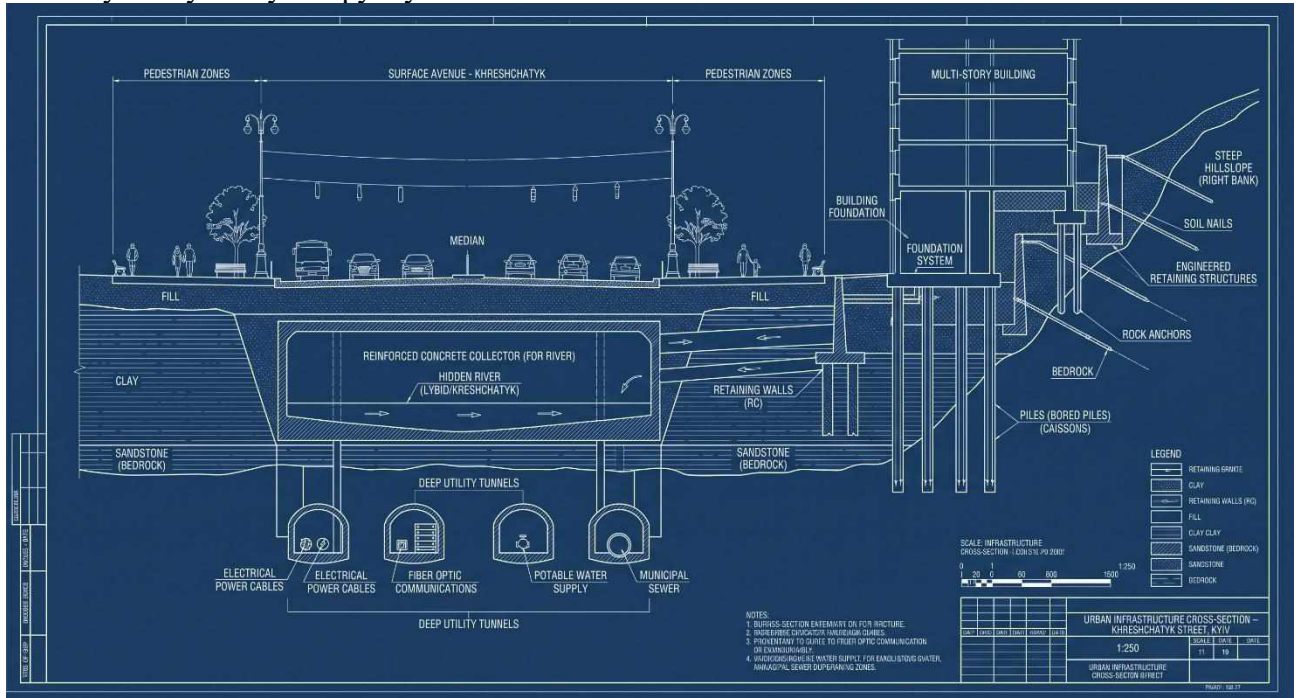
(Відбудова Хрещатика)

3. Конструктивні матеріали: кераміка та залізобетон

Масштаби робіт вимагали індустріалізації будівництва. Хоча зовні ансамбль Хрещатика виглядав як монументальний "сталінський ампір" (соціалістичний класицизм) із багатим декором, всередині це були передові для того часу інженерні конструкції [cite: 10].

- **Каркаси будівель:** Застосовувалися збірні та монолітні залізобетонні каркаси, що забезпечували високу несучу здатність та дозволяли збільшити поверховість будівель.

- **Хрещатицька кераміка:** Для облицювання фасадів замість дорогого і важкого природного каменю було використано спеціально розроблену світлу керамічну плитку та блоки. Це не лише знизило вагу фасаду і навантаження на фундаменти, але й надало вулиці характерного теплого, святкового колориту. Виробництво цієї кераміки було налагоджено на київських заводах спеціально під цей проєкт.
- **Підпирні стінки:** На непарній стороні вулиці схили Липок були закріплені потужними залізобетонними підпирними стінами, замаскованими під гранітні цоклі. Це дозволило уникнути зсувів ґрунту.



(Інженерний переріз Хрещатика)

Висновки для будівельника

Відбудова українських міст після Другої світової війни, і зокрема ансамбль Хрещатика, є прикладом комплексного інженерно-містобудівного підходу. Сучасному фахівцю цей період демонструє, що відбудова — це не реставрація минулого, а шанс на створення більш ефективної міської інфраструктури. Проєктування широких магістралей, вирішення складних гідрогеологічних завдань та впровадження нових ліцевальних матеріалів заклали фундамент для подальшого розвитку масового індустріального будівництва.

Лекція 13. Чорнобильська трагедія («Укриття» та «НБК»): право на безпечне довкілля та наслідки техногенних катастроф

Вступ. Чорнобиль як глобальний виклик для цивільної інженерії

Аварія на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС 26 квітня 1986 року стала найбільшою техногенною катастрофою в історії людства. Вона змінила не лише екологічну та соціально-політичну карту світу, але й поставила безпрецедентні виклики перед світовою інженерно-будівельною спільнотою. Для фахівця галузі цивільної інженерії цей етап історії України є прикладом подолання критичних наслідків руйнування надскладних промислових об'єктів та еволюції будівельних технологій в умовах екстремального радіаційного забруднення.

1. Об'єкт «Укриття» (Саркофаг): героїзм та інженерний компроміс

Зведення об'єкта «Укриття» (травень–листопад 1986 року) відбувалося в умовах, які не мали аналогів у світовій практиці. Інженерам довелося проєктувати та зводити захисну оболонку над зруйнованим реактором без можливості точних геодезичних вимірювань і безпосереднього доступу до епіцентру руйнувань.

- **Конструктивна схема:** Проєкт базувався на використанні вцілілих конструкцій четвертого енергоблоку як опор для нових перекриттів. Це було вимушене, компромісне рішення, оскільки неможливо було звести самостійний фундамент навколо епіцентру вибуху.

- **Дистанційне будівництво:** Монтаж масивних металевих балок (зокрема знаменитої балки «Мамонт» вагою понад 160 тонн) та трубного накату здійснювався надважкими кранами Demag на дистанційному керуванні. Бетонування проводилося за допомогою бетононасосів, які перекачували суміш на величезні відстані, часто всліпу, за показниками телекамер.
- **Матеріали:** Для зведення саркофага було використано понад 400 тис. кубічних метрів бетону та 7 тис. тонн металоконструкцій. Проте внаслідок радіаційного та термічного впливу, а також неможливості зварювання вузлів (з'єднання трималися переважно за рахунок власної ваги), конструкція мала обмежений термін експлуатації (до 30 років).

2. Новий безпечний конфайнмент (НБК): світовий тріумф будівельної інженерії

Загроза обвалу старого саркофага зумовила необхідність розробки принципово нової інженерної споруди — Нового безпечного конфайнменту (НБК), який був успішно насунутий на енергоблок у 2016 році.

Інженерний параметр	Технологічне рішення НБК (Арка)
Просторова конструкція	НБК має форму арки висотою 109 м, довжиною 162 м і прольотом 257 м. Основою є просторова решітчаста структура зі сталевих трубчастих елементів, що забезпечує колосальну міцність при відносній легкості.
Метод монтажу (насування)	Щоб уникнути опромінення робітників, Арку збирали на відстані 327 метрів від реактора. Після завершення монтажу споруду вагою понад 36 тисяч тонн насунули на старий саркофаг за допомогою системи з 224 гідравлічних домкратів. Це найважча наземна рухома споруда у світі.
Клімат-контроль та обшивка	Арка має подвійну обшивку (внутрішню та зовнішню), між якими постійно нагнітається тепле сухе повітря під тиском. Це виключає утворення конденсату та корозію металу, гарантуючи розрахунковий термін експлуатації конструкції щонайменше у 100 років.

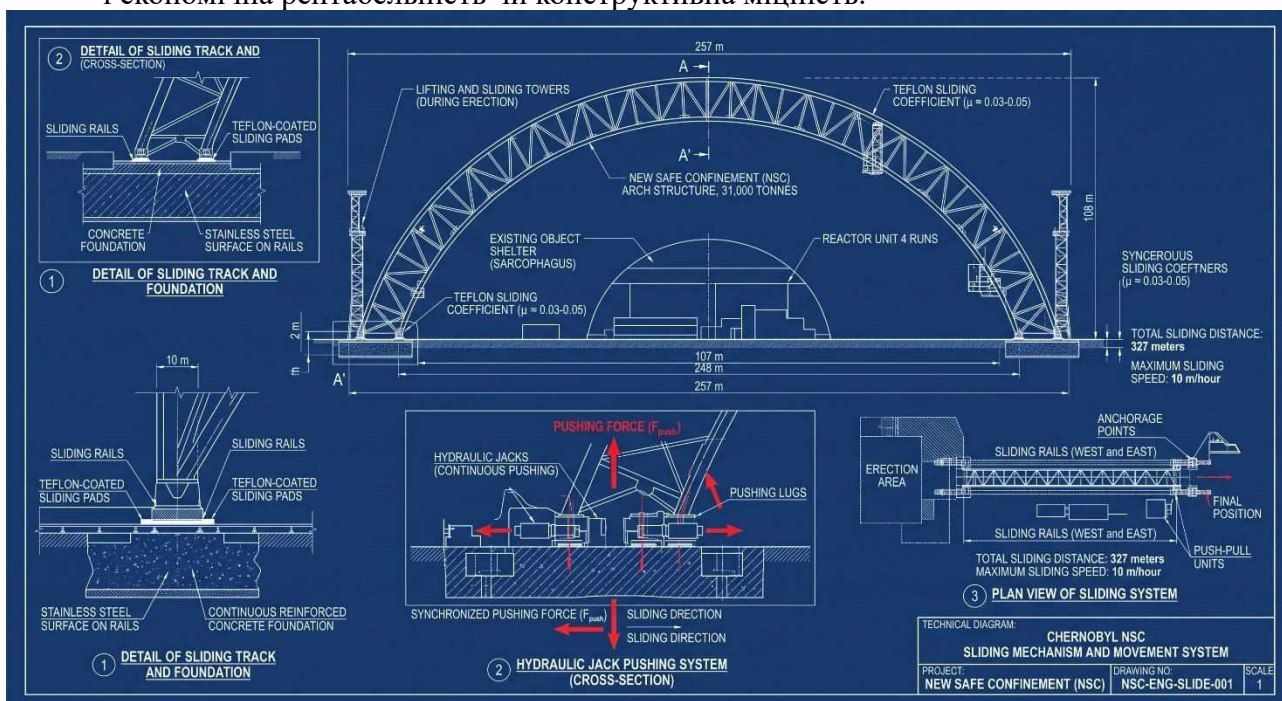


(Новий безпечний конфайнмент)

3. Соціально-правовий вимір: право на безпечне довкілля

Чорнобильська катастрофа стала не лише інженерним, але й потужним суспільно-політичним каталізатором. Вона докорінно змінила ставлення суспільства до екологічної безпеки та підштовхнула Україну до формування нового екологічного законодавства.

1. **Руйнація інформаційної монополії:** Спроби радянської влади приховати масштаби трагедії спровокували масовий демократичний, екологічний та національно-визвольний рух в Україні, що зрештою стало одним із факторів розпаду СРСР.
2. **Конституційне закріплення:** Досвід Чорнобиля призвів до того, що в Конституції України (ст. 50) було чітко зафіксовано право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Це право накладає пряму відповідальність на інженерів, архітекторів та містобудівників за наслідки їхньої діяльності.
3. **Процедура ОВД (Оцінка впливу на довкілля):** Сьогодні жоден значний інфраструктурний чи промисловий об'єкт не може бути зведений без ретельної екологічної експертизи. Безпека стала таким же важливим критерієм проектування, як і економічна рентабельність чи конструктивна міцність.



(Механізм насування Арки)

Висновки для будівельника

Історія Чорнобильського «Укриття» та сучасного НБК — це два полярні полюси розвитку інженерії. Перший уособлює героїчну, але екстрену мінімізацію наслідків критичних помилок. Другий є тріумфом холодного розрахунку, міжнародної кооперації та застосування високих технологій у будівництві. Сучасний цивільний інженер має розуміти, що зведення будь-яких промислових об'єктів повинно базуватися на безкомпромісному дотриманні норм безпеки, адже техногенні катастрофи назавжди змінюють екологію, долі мільйонів людей та вектор розвитку цілої держави.

Лекція 14. Європейські будівельні стандарти (Eurocodes) в Україні як крок до інтеграції у європейський демократичний простір

Вступ. Стандартизація як цивілізаційний вибір

Інтеграція України до Європейського Союзу — це не лише політичний процес, але й глибока структурна трансформація всіх галузей економіки. Для вітчизняної цивільної інженерії ключовим етапом цієї трансформації став перехід від радянської системи норм (СНіП, ДБН) до Європейських будівельних стандартів — Єврокодів (Eurocodes). Цей процес вийшов за межі суто технічної площини і став важливим кроком до інтеграції у європейський демократичний простір, символізуючи зміну філософії проектування, підвищення відповідальності та прозорості в будівельній галузі.

1. Філософія Єврокодів: від жорсткого диктату до свободи інженерного рішення

Головна відмінність між старою радянською системою та європейськими нормами лежить у площині інженерної філософії та довіри до фахівця.

- **Радянська система (СНіП):** Мала жорстко приписовий (прескриптивний) характер. Інженер був змушений діяти за суворими шаблонами, що обмежувало використання інноваційних матеріалів і нестандартних архітектурних форм. Це відображало загальну парадигму тоталітарного суспільства — тотальний контроль і недовіра до особистості.
- **Єврокоди:** Базуються на параметричному (performance-based) підході. Вони встановлюють вимоги до надійності, безпеки та довговічності споруди, але залишають інженеру свободу вибору методів досягнення цих показників. Це формує свідомість вільного фахівця, який здатен брати на себе відповідальність за нестандартні та передові конструктивні рішення.

2. Структура Єврокодів та їх впровадження в Україні

Єврокоди — це комплекс із 10 європейських стандартів (EN 1990 – EN 1999), які регламентують проєктування будівель і споруд цивільного та промислового призначення.

Стандарт	Сфера регулювання та інженерне значення
EN 1990: Основи проєктування (Eurocode 0)	Фундаментальний стандарт, який встановлює принципи та вимоги до безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкцій. Визначає математичні моделі надійності (метод граничних станів).
EN 1991: Дії на конструкції (Eurocode 1)	Регламентує всі види навантажень: власна вага, корисні навантаження, снігові, вітрові, температурні впливи, а також навантаження від пожеж і вибухів.
EN 1992 – EN 1999 (Матеріальні Єврокоди)	Детальні правила проєктування з конкретних матеріалів: залізобетон (EN 1992), сталь (EN 1993), сталезалізобетон, деревина, кам'яна кладка, алюміній. Окремі коди (EN 1997, EN 1998) присвячені геотехніці та сейсмостійкості.



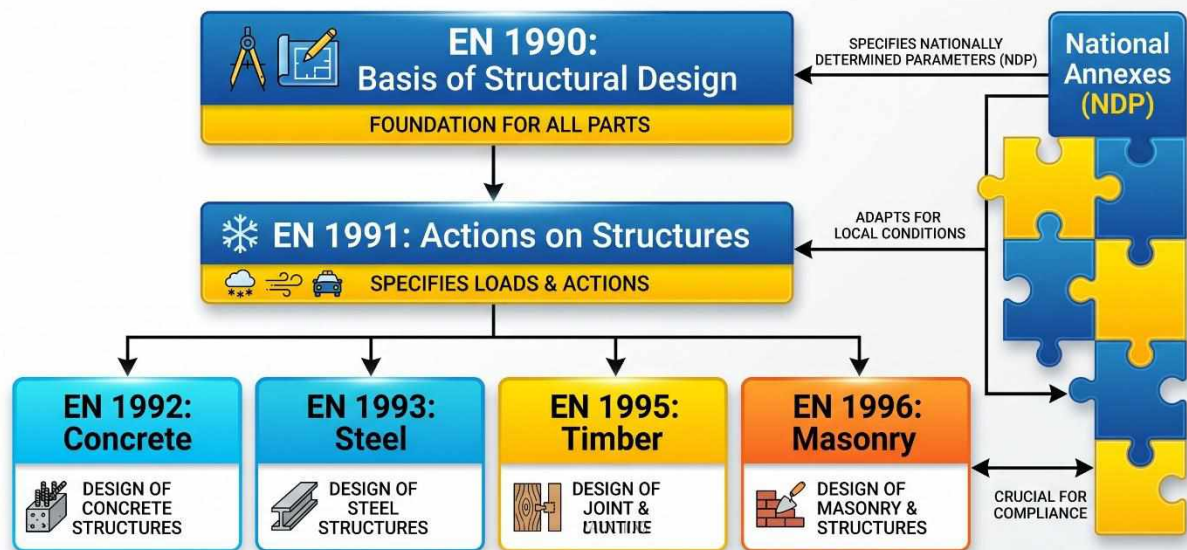
(Сучасне інженерне проєктування)

3. Національні додатки: баланс інтеграції та суверенітету

Європейський демократичний підхід не означає сліпого копіювання. Єврокоди передбачають повагу до національних особливостей кожної країни-учасниці. Для цього існують **Національні додатки (National Annexes)**.

Ці документи містять Національно визначені параметри (NDP), які кожна країна встановлює самостійно. Для України це означає можливість врахувати власні унікальні природно-кліматичні умови: специфіку снігового покриву в Карпатах, вітрові навантаження в степовій зоні чи сейсмічну активність у південних регіонах та Криму. Це приклад цивілізованої європейської практики, де загальні правила безпеки поєднуються із суверенним правом держави захищати своїх громадян відповідно до місцевих реалій.

HIERARCHICAL STRUCTURE OF THE EUROCODES SYSTEM



(Структура системи Єврокодів)

4. Єврокоди як інструмент вільного ринку та антикорупції

Упровадження Єврокодів має потужний економічний та соціально-політичний ефект, що безпосередньо впливає на демократизацію суспільства:

1. **Вільний рух послуг (Спільний ринок):** Гармонізація стандартів знімає технічні бар'єри у торгівлі будівельними послугами та матеріалами. Українські інженери-проектувальники отримують змогу легально і конкурентно працювати на ринку ЄС, а європейські інвестори можуть легко читати і перевіряти проекти в Україні.
2. **Прозорість і боротьба з корупцією:** Радянська система норм часто мала неоднозначні трактування, що створювало простір для корупції в органах експертизи. Єврокоди, засновані на чітких математичних моделях і ймовірнісних методах, роблять процес проектування та його перевірку максимально прозорим і об'єктивним.
3. **Стимулювання інновацій:** Оскільки Єврокоди зосереджені на кінцевому результаті (міцності та стійкості), вони стимулюють виробників створювати нові будівельні матеріали та технології, що сприяє загальному економічному зростанню.

Висновки для будівельника

Перехід вітчизняної будівельної галузі на Єврокоди — це рубікон, що відділяє ізольоване пострадянське минуле від глобального майбутнього. Для сучасного українського інженера-будівельника володіння європейськими стандартами є не просто професійною навичкою, а перепусткою у світовий демократичний простір. Це означає перехід до культури високої особистої відповідальності, академічної свободи у прийнятті інженерних рішень та готовності конкурувати на відкритому транснаціональному ринку, спираючись на найвищі світові стандарти безпеки.

Лекція 15. Етика технічної діяльності. Руйнування інфраструктури внаслідок збройної агресії та морально-правовий обов'язок інженера у захисті держави

Вступ. Філософія техніки в умовах екзистенційних загроз

Сучасна інженерія вийшла за межі виключно технічних розрахунків. У контексті глобальних конфліктів та збройної агресії техніка втрачає свою моральну нейтральність. Для майбутнього фахівця-будівельника розуміння філософії техніки та професійної етики стає не менш важливим, ніж знання опору матеріалів. Ця лекція розкриває етичний вимір цивільної інженерії, аналізує феномен цілеспрямованого руйнування інфраструктури як акту агресії та визначає морально-правовий обов'язок інженера у захисті та відбудові своєї держави.

1. Етика технічної діяльності: відповідальність творця

Етика технічної діяльності (інженерна етика) — це галузь прикладної філософії, що досліджує моральні принципи, які визначають поведінку фахівця у сфері технологій та будівництва. Основний постулат інженерної етики полягає в тому, що **безпека, здоров'я та добробут суспільства є найвищим пріоритетом.**

- **Технократичний vs Гуманістичний підхід:** Технократія розглядає інженерію лише як інструмент досягнення мети (ефективність заради ефективності). Гуманістичний підхід, навпаки, вимагає оцінювати будь-який проєкт через призму його впливу на людину та довкілля.
- **Проблема подвійного призначення (Dual-use):** Будь-яка технологія може бути використана як для творення, так і для знищення. Наприклад, знання з геотехніки дозволяють зводити мости, але ці ж знання можуть бути застосовані агресором для їх найбільш ефективного підриву.
- **Моральний імператив:** Інженер не є сліпим виконавцем наказів. Він несе моральну відповідальність за результати своєї праці перед нинішнім і майбутніми поколіннями.

2. Руйнування інфраструктури як інструмент збройної агресії (Урбіцид)

Збройна агресія проти України продемонструвала нову парадигму ведення війни, де ключовою мішенню стає не лише військова сила, але й цивільна інфраструктура. Це явище в сучасній філософії та урбаністиці отримало назву **урбіцид** (від лат. urbs — місто, caedere — вбивати) — свідоме знищення міського середовища та умов для життя цивільного населення.

Тип інфраструктури	Мета руйнування агресором та етичні наслідки
Енергетична (ТЕЦ, підстанції)	Мета: заморожування міст, зупинка водопостачання та лікарень. Є прямим порушенням Женевських конвенцій, оскільки непропорційно вражає цивільне населення.
Гідротехнічна (дамби, греблі)	Мета: затоплення територій, екоцид (напр., підлив Каховської ГЕС). Наслідками є незворотні зміни екосистем та знищення джерел питної води для цілих регіонів.
Житловий фонд та сакральна архітектура	Мета: психологічний терор, знищення національної ідентичності та культурної пам'яті (стирання історичного коду нації).

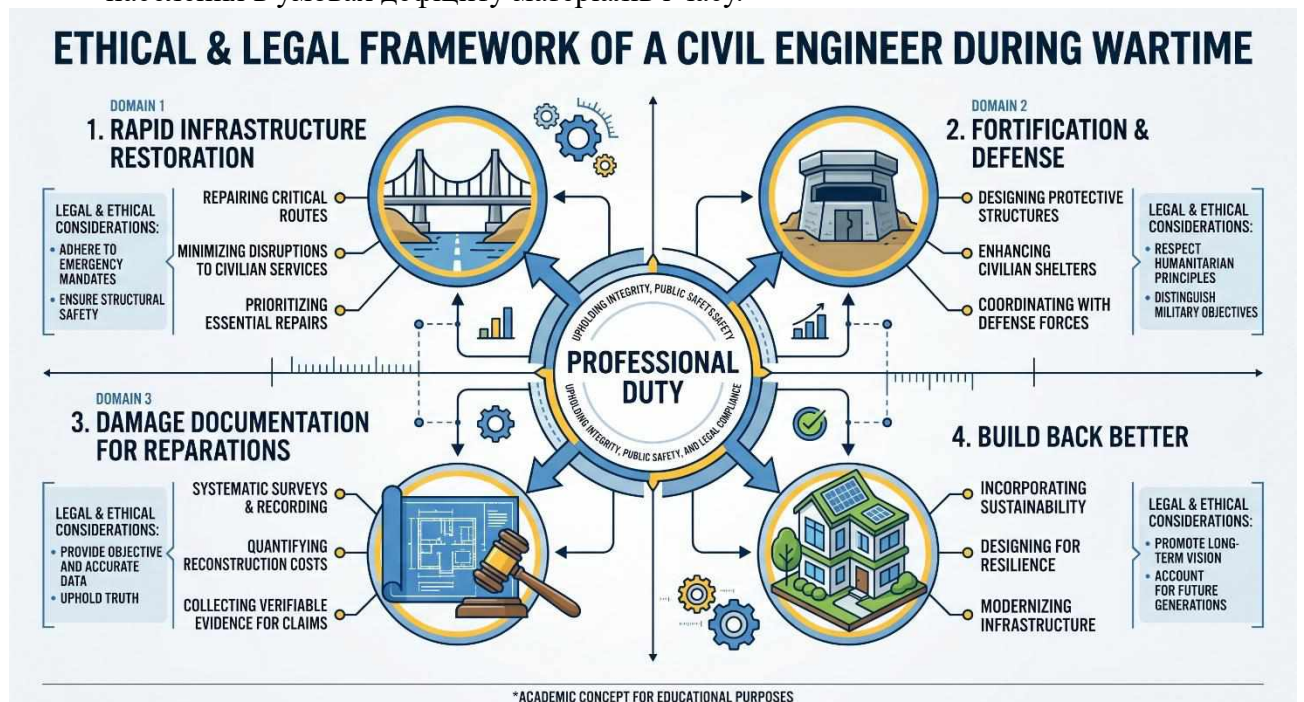


(Урбіцид та відновлення)

3. Морально-правовий обов'язок інженера у захисті держави

В умовах екзистенційної загрози професія інженера-будівельника набуває статусу ключового елементу національної безпеки. Етичний та правовий обов'язок фахівця трансформується:

1. **Мілітарна інженерія:** Проектування та зведення фортифікаційних споруд, укриттів цивільного захисту, захисних саркофагів для критичного обладнання (трансформаторів).
2. **Експертиза та фіксація злочинів:** Інженери відіграють провідну роль у фіксації пошкоджень, складанні дефектних актів та оцінці збитків. Їхні технічні висновки є правовою базою для міжнародних трибуналів та майбутніх репарацій.
3. **Екстрене відновлення:** Розробка нестандартних, швидких конструктивних рішень для забезпечення логістики (понтонні переправи, тимчасові мости) та базових потреб населення в умовах дефіциту матеріалів і часу.



(Етичний фреймворк інженера)

4. Філософія післявоєнної відбудови: Build Back Better

Моральний обов'язок інженера не обмежується лише ремонтом зруйнованого. Етика післявоєнного відновлення базується на глобальному принципі **"Build Back Better" (Відбудувати краще, ніж було)**.

Відбудова має бути не поверненням до застарілих радянських стандартів, а квантовим стрибком у майбутнє. Це означає проектування інклюзивних просторів (безбар'єрність), впровадження найвищих стандартів енергоефективності, децентралізацію енергомереж для підвищення їхньої стійкості (resilience), а також меморіалізацію простору — архітектурне збереження пам'яті про трагедію та героїзм нації у новій міській тканині.

Висновки

Етика технічної діяльності наголошує, що інженерія — це не лише про бетон та сталь, це про захист життя. В умовах збройної агресії руйнування інфраструктури стає зброєю масового ураження суспільства. Відповіддю на цей виклик є висока громадянська та професійна свідомість будівельника. Морально-правовий обов'язок інженера полягає не тільки у технічному захисті держави сьогодні, але й у закладанні надійного, людяного, інклюзивного та стійкого фундаменту для післявоєнної відбудови вільної України.

Лекція 16. «Green Building» та плани Build Back Better: сталий розвиток як фундаментальна цінність майбутньої повоєнної відбудови України

Вступ. Відбудова як цивілізаційний стрибок

Масштабні руйнування інфраструктури України ставлять перед нацією безпрецедентне завдання — не просто відновити втрачене, а створити якісно нове середовище. Концепція **Build Back Better (Відбудувати краще, ніж було)** стала основоположним принципом повоєнного відновлення. Для сучасного інженера-будівельника це означає відмову від застарілих радянських парадигм ресурсомісткого будівництва на користь філософії сталого розвитку (Sustainable Development) та екологічного підходу «Green Building».

1. Філософія та стандарти «Green Building» (Зеленого будівництва)

Зелене будівництво — це комплексна практика проектування, зведення та експлуатації споруд, метою якої є мінімізація негативного впливу на довкілля та оптимізація використання ресурсів протягом усього життєвого циклу будівлі.

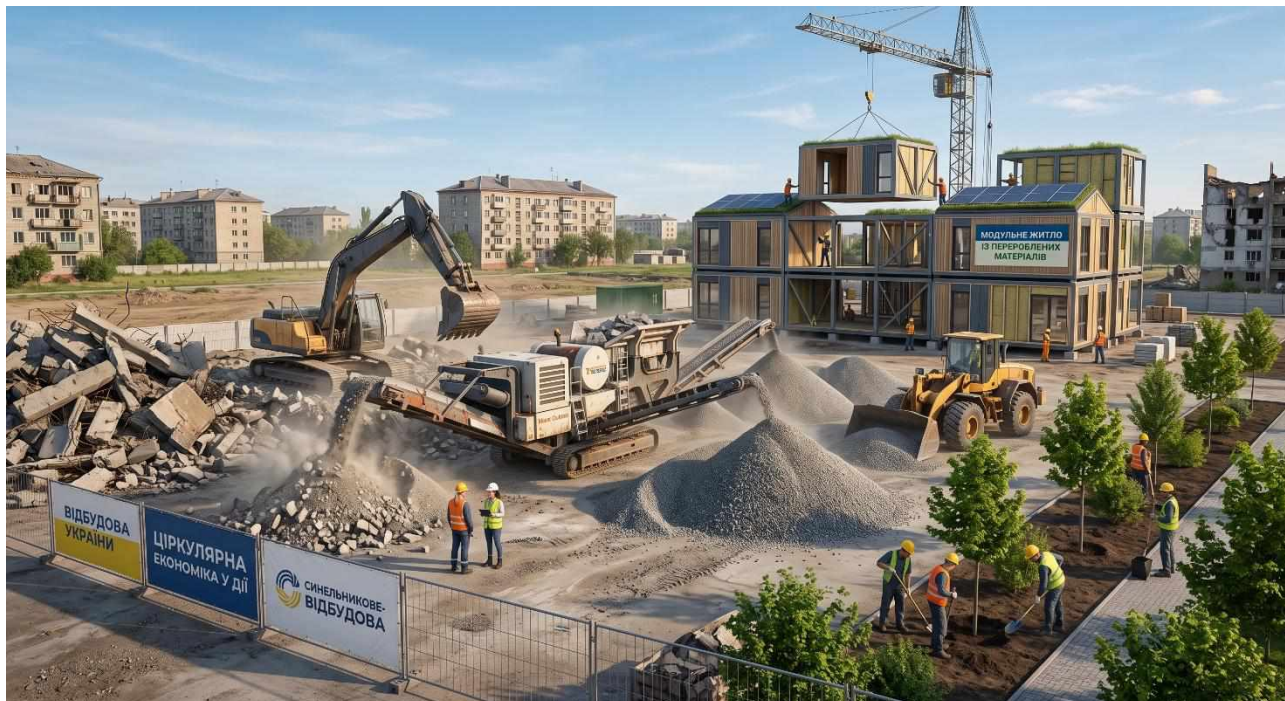
- **Міжнародна сертифікація:** Сучасна відбудова орієнтується на провідні світові стандарти, такі як BREEAM (Велика Британія) та LEED (США). Вони оцінюють будівлю за критеріями енергоефективності, якості внутрішнього середовища, екологічності матеріалів та інноваційності.
- **Енергоефективність (Пасивний дім):** Зниження енергоспоживання досягається завдяки посиленій теплоізоляції, ліквідації «містків холоду», використанню енергоефективних вікон та систем рекуперації тепла у вентиляції.
- **Водозбереження:** Інтеграція систем збору дощової води для технічних потреб, встановлення сенсорної сантехніки та локальних систем очищення стоків.

2. Циркулярна економіка в умовах відбудови

Одним із найскладніших викликів відбудови є утилізація мільйонів тонн будівельного сміття, що утворилося внаслідок руйнувань. Принцип Build Back Better вимагає застосування **циркулярної економіки** (економіки замкненого циклу) в будівництві.

Традиційний підхід (Лінійна економіка)	Циркулярний підхід (Build Back Better)
Вивезення будівельних відходів на звалища, що призводить до екологічної катастрофи та втрати території.	Сортування та ресайклінг (переробка) на місці. Подрібнення бетону та цегли для використання як вторинного щебеню у дорожньому будівництві або як наповнювача для нових бетонних сумішей.
Видобуток виключно нових природних ресурсів (пісок, гравій, руда), що виснажує надра.	Максимальне повторне використання вцілілих сталевих балок, арматури та інших конструктивних

Традиційний підхід (Лінійна економіка)	Циркулярний підхід (Build Back Better)
	елементів (так званий Urban Mining — «міське видобування»).

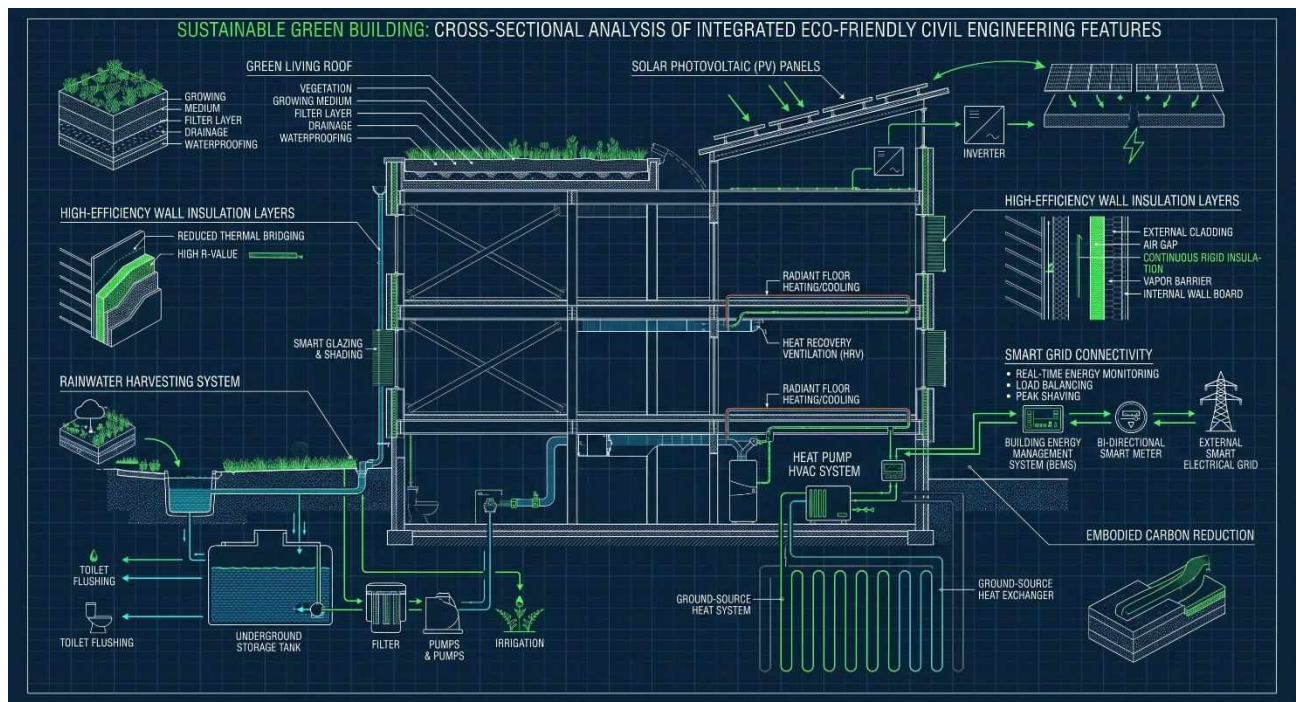


(Циркулярна відбудова)

3. Урбаністика майбутнього: інклюзивність та «15-хвилинне місто»

Сталий розвиток — це не лише про матеріали, але й про якість життя. Генеральні плани повоєнної відбудови українських міст спираються на передові європейські концепції урбаністики.

1. **Концепція «15-хвилинного міста»:** Міський простір проєктується таким чином, щоб мешканець міг задовольнити всі базові потреби (робота, навчання, медицина, відпочинок, магазини) в межах 15 хвилин пішої ходи або їзди на велосипеді. Це радикально зменшує автомобілезалежність та викиди CO₂.
2. **Безбар'єрність та інклюзивність:** Наслідки війни формують запит на 100% доступність інфраструктури для маломобільних груп населення, людей з інвалідністю та ветеранів. Проєктування пандусів із правильним ухилом, тактильної плитки, ліфтів та занижених бордюрів є не опцією, а жорстким стандартом нового суспільства.
3. **Децентралізація систем життєзабезпечення:** Досвід атак на критичну інфраструктуру довів вразливість централізованих мереж. Нове будівництво передбачає мікромережі (microgrids), дахові сонячні електростанції, теплові насоси та локальні котельні на біопаливі, що робить будівлі автономними та стійкими (resilient) до криз.



(Інфраструктура Green Building)

Висновки для майбутнього інженера

Ця лекція перекидає місток від історії до майбутнього. Відбудова України — це наймасштабніший інфраструктурний проєкт Європи XXI століття. Для майбутнього інженера-будівельника сталий розвиток має стати не просто набором норм, а фундаментальною цінністю. Використовуючи інноваційні екологічні матеріали, циркулярну економіку та людиноцентричний підхід, ви не просто зводите стіни, ви формуєте європейський, демократичний і безпечний простір для життя прийдешніх поколінь вільної України.