

Мацегора А. Г.¹, Губанов О. В.², В'язовський В. Є.³, Непочатих Є. А.⁴

¹ студент групи АМ-44-АММд-24 кафедри «Архітектура і дизайн»,

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА", Івано-Франківськ
anna.matsehora-ar44m-1@nung.edu.ua
orcid.org/0009-0008-8877-4137

² доцент кафедри «Архітектура і дизайн»,

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА", Івано-Франківськ
oleksii.hubanov@nung.edu.ua
orcid.org/0000-0001-6833-489X

³ старший викладач кафедри «Архітектура і дизайн»,

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА", Івано-Франківськ
vitalii.viazovskyi@nung.edu.ua
orcid.org/0000-0002-8113-1859

⁴ доцент кафедри «Архітектура і дизайн»,

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА", Івано-Франківськ
yelyzaveta.nepochatykh@nung.edu.ua
orcid.org/0000-0002-0617-7873

КІНЕТИЧНА АРХІТЕКТУРА ЯК НАПРЯМ СУЧАСНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

© Мацегора А. Г., Губанов О. В., В'язовський В. Є., Непочатих Є. А., 2025

<https://doi.org/10.32347/2519-8661.2025.34.216-229>

У статті досліджено кінетичну архітектуру як один із сучасних напрямків формотворення громадських будівель. Розкрито еволюцію поняття кінетики від експериментів ХХ століття до інтеграції цифрових технологій та адаптивних систем у сучасному проектуванні. Визначено основні принципи кінетичної архітектури – рухливість, адаптивність, інтерактивність і реактивність. Проаналізовано світовий досвід реалізації кінетичних споруд, зокрема *The Shed* у Нью-Йорку, *Al Bahr Towers* в Абу-Дабі, *Museu do Amanhã* у Ріо-де-Жанейро, *Kiefer Technic Showroom* в Австрії. Окреслено тенденції розвитку кінетичних систем в Україні на прикладі проектів *Promprylad.Renovation*, *UNIT.City* та *House of Europe Mobile Pavilion*. Зроблено висновок, що кінетична архітектура формує нову естетику руху, де форма сприймається як процес, а архітектура – як адаптивна, «жива» система, здатна реагувати на людину і середовище.

Ключові слова: кінетична архітектура, трансформація простору, громадські будівлі, адаптивність, інтерактивність.

Постановка проблеми

Сучасні архітектори постійно в пошуку нових засобів вираження, здатних реагувати на технологічні новітні розробки, соціальні зміни та зміну використання простору. Однією з найважливіших областей у цьому пошуку є кінетична архітектура – архітектура, яка може змінювати свою форму, структуру або функції відповідно до потреб користувачів, умов навколишнього середовища або програм заходів.

Завдяки популяризації змінної архітектури, визначними тенденціями у проєктуванні стають адаптивність, гнучкість та рух. Кінетичні структури дозволяють простору змінюватись під різні умови експлуатації, а також під зовнішні фактори та користувачів, чого раніше неможливо було уявити при традиційно статичній архітектурі. Цей тип конструкцій не тільки розширює функціональні можливості простору, але й створює нову естетику руху, де форма розглядається не як кінцевий результат, а як процес.

Кінетичні рішення мають найбільший потенціал у громадських будівлях, які вимагають регулярного переобладнання для різних заходів, від виставок і концертів до лекцій, конференцій або інтерактивних подій. Завдяки прогресу в цифрових технологіях, механічних системах та комп'ютерному управлінні, кінетична архітектура вийшла за межі експериментальної стадії і стала реальним інструментом дизайну, що поєднує технологію, дизайн та соціальну динаміку простору.

Тому вивчення кінетичної архітектури як сучасної тенденції дизайну є дуже актуальним, оскільки воно охоплює взаємодію технологічних інновацій, функціональної гнучкості та художнього вираження в архітектурі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Вперше про концепцію кінетичної архітектури заговорили в середині 20 століття, коли авангардні архітектори вирішили відійти від статичних форм і надати архітектурі якості руху та мінливості. Коріння цього напрямку можна простежити у творчості Бакмінстера Фуллера, який експериментував з легкими геодезичними куполами та концепцією рухомих конструкцій, що могли адаптуватися до різних умов використання.

Сідрік Прайс зробив значний внесок своїм проектом Fun Palace (1961), в якому він уявив відкриту архітектурну структуру з рухомими платформами, стінами та підйомними пристроями, які можна було б використовувати для зміни конфігурації простору відповідно до сценарію події. Цей проект був першим, який розглядав архітектуру як систему взаємодій і сценаріїв, а не як статичну форму.

У той же час британська група Archigram (Пітер Кук, Рон Геррон, Уоррен Чолк та ін.) представила ідеї «мобільного міста», «підключенного міста» та «індивідуалізованої архітектури», що створило філософську основу для кінетичних концепцій. У 1970-х роках Ніколас Негропонте у своїй книзі «М'які архітектурні машини» (MIT, 1975) представив бачення майбутнього, в якому будівлі здатні самостійно реагувати на потреби користувачів за допомогою комп'ютерних алгоритмів – ідея, яка передбачала появу «інтелектуального середовища».

У сучасній практиці кінетична архітектура розвивається в результаті синтезу архітектури, інженерії та цифрових технологій. Провідні архітектори – Сантьяго Калатрава, Ренцо Піано, Diller Scofidio + Renfro, Coop Himmelb(l)au, AHR, Giselbrecht & Partners – активно застосовують принципи руху, зміни та інтерактивності у своїх будівлях. Відомі приклади – Museu do Amanhã (Піо-де-Жанейро), The Shed (Нью-Йорк), Kiefer Technic Showroom (Австрія, провінція Штирмарк) і Al Bahr Towers (Абу-Дабі) – споруди, в яких рух є невід'ємною частиною дизайну.

В Україні ця тенденція тільки починається. Хоча повністю завершених кінетичних споруд ще небагато, елементи адаптивності та змін вже реалізовані в проектах Promprylad.Renovation (Івано-Франківськ), UNIT.City (Київ) та мобільний павільйон «House of Europe» – проекти, створені для культурних подій у різних містах країни. Ці приклади демонструють появу вектора української кінетичної архітектури, що фокусується на соціальній гнучкості, мобільності та технологічній інтеграції.

Отже, аналіз теоретичних і практичних джерел дозволяє зробити висновок, що кінетична архітектура на сьогодні вважається мультидисциплінарною галуззю, яка поєднує естетику руху, технічні інновації та нову соціальну функцію архітектурного простору.

Мета статті

Метою дослідження є виявлення принципів і моделей кінетичної архітектури, аналіз її впливу на проектування сучасних громадських будівель та визначення перспектив розвитку цього напряму в українській архітектурній практиці.

Виклад основного матеріалу

Кінетична архітектура формує власну предметну область на перетині архітектури, технологій та кіберфізичних систем. Вона розглядає будівлю як просторово-часовий організм, здатний свідомо змінювати свій стан під час експлуатації. На відміну від традиційної статичної моделі, де форма фіксується на момент завершення будівництва, кінетичний підхід розглядає форму як динамічний процес. Конфігурації оболонки, внутрішніх стін, підлоги, платформ або меблевих систем можуть бути перерозподілені під впливом контролюваних алгоритмів, даних датчиків або сценаріїв подій. Вирішальним фактором тут є функціональна доцільність змін: зміна не є самоціллю, а інструментом, що забезпечує адаптацію простору до мінливих умов – від регулювання сонячного світла, акустики та вентиляції до перепланування місткості залу, потоків та розміщення користувачів.

Адаптивність кінетичної архітектури – це більше, ніж просто реагування на випадкові стимули. Архітектурна система може діяти як реактивно, так і проактивно. У першому випадку параметри оболонки або інтер'єру змінюються відповідно до змін навколошнього середовища – інтенсивності сонячного випромінювання, напрямку вітру, рівня СО₂, використання приміщення, акустичного тиску. У другому випадку зміна викликається заздалегідь визначеною програмою, тобто простір готується до подій: «лекція – дискусія – презентація», «виставка – семінар – ярмарок», «день – вечір – ніч». У таких випадках часовий вимір стає рівноправною координатою архітектурної композиції, а зміна конфігурації інтегрується в життєвий цикл будівлі так само природно, як і активування технічних систем.

Кінетична архітектура базується на чотирьох взаємопов'язаних принципах:

- Мобільність – наявність технічно реалізованих ступенів свободи (лінійний рух, обертання, складання, телескопічне розширення, наповнення або спорожнення), що характеризуються амплітудою ходу, швидкістю, терміном служби компонентів, точністю позиціонування та алгоритмами синхронізації.
- Адаптивність – здатність системи змінювати оптичні, теплові, акустичні та просторові характеристики в межах, достатніх для досягнення помітного ефекту на комфорт та енергоефективність; важливими параметрами є швидкість зміни стану та стабільність досягнутого стану.
- Інтерактивність – включення користувача та навколошнього середовища в схему управління за допомогою датчиків, інтерфейсів, панелей сценаріїв та алгоритмів прийняття рішень (від простих тригерів до прогнозного управління).
- Реактивність – швидка реакція на зміну умов: система повинна не тільки вміти «рухатися», але й підтримувати постійні параметри комфорту, запобігаючи технічним перевантаженням і порушенням потоку.

Важливо розрізняти динамічні та кінетичні форми. Перші створюють враження руху за допомогою об'єму, ритму відкриттів або тіньових зображень, але залишаються незмінними після введення в експлуатацію. У другій з них з часом відбувається фізична зміна геометрії або простору елементів: фасадні панелі обертаються, мембрани заповнюються, платформи піднімаються, перегородки розсуванняться або засуваються в касети. Це не просто стилістична, а методологічна відмінність: динамічна форма аналізується переважно морфологічно, а кінетична – морфокінетично, з урахуванням траєкторій руху, кількості циклів, безпеки, надійності компонентів та енергообміну.

Вплив кінетичної форми на створення форми проявляється у зміні критеріїв композиційної єдності. Образ будівлі більше не обмежується єдиною «фасадною рамкою», а проявляється в різноманітності просторів і, що важливіше, в якості переходів між ними. Темп, зрозумілість руху для користувача та відсутність випадкових «перерв» у сценарії формують нові параметри гармонії. Архітектор працює з часовими інтервалами так само ретельно, як і з масштабом та пропорціями: деякі зміни повинні бути миттєвими (аварійна вентиляція, акустичне загасання), інші — повільними та виразними (перехід залу з камерного простору до святкового).

Іншим важливим аспектом є світло як матеріал, який можна контролювати. Рухомі оболонки — жалюзі, дисплейні панелі, електрохромні пакети, лампочки — дозволяють регулювати інтенсивність і якість освітлення, зменшувати перегрів, усунути відблиски та створювати розсіяне або акцентне освітлення відповідно до сценарію події. Освітлення більше не є вторинним наслідком орієнтації або площині вікон: воно стає повноцінним інструментом просторового дизайну, що впливає на сприйняття масштабу, глибини та текстури.

Третій аспект — багатофункціональність як критерій ефективності. Змінюючи площину, висоту, акустичні параметри та розташування сидінь у просторі, одна і та ж оболонка може вмістити кілька повномасштабних типів простору без необхідності збільшувати площину або дублювати технічні системи. Це радикально змінює економіку будівель: основні витрати пов'язані не з кількістю приміщень, а з розробкою надійних вузлів перетворення, управлінням сценаріями та доступністю послуг. Створення форми набуває сценографічного характеру, коли композиція адаптується до подій, а не навпаки.

Кінетичний рух також визначає нову матеріальність і тектоніку. Основна увага приділяється кінематичним вузлам: петлям, контролерам, ножичним механізмам, натяжникам кабелів і мембрани, телескопічним або пневматичним каркасним системам. Вони формують образ «скелета» і створюють особливо естетичний вираз технології — видимість двигунів, логіку рам, ритм ферм, точність з'єднань. Це не питання технічного оздоблення, а скоріше мова довіри, яка дозволяє користувачеві інтуїтивно розуміти поведінку системи.

Поява інтерактивних контурів управління переносить створення форм на рівень параметричного мислення, заснованого на даних. Параметри навколошнього середовища та поведінки — сонячне світло на фасаді, щільність натовпу, акустичний зворотний зв'язок, календар подій — стають вхідними даними для алгоритмів, які визначають оптимальні місця розташування рухомих елементів. Форма є результатом алгоритмічних розрахунків, а не одноразового жесту дизайнера. Так само якість архітектурного рішення визначається не тільки композиційними навичками, але й точністю сценаріїв, надійністю датчиків і пристрій управління, прозорістю логіки управління та ретельністю заходів з технічного обслуговування та безпеки.

Отже, кінетична архітектура — це не «рух заради руху», а інтегрована стратегія створення форми, в якій адаптивність є головним параметром просторової якості. Вона залишає час як конструктивний фактор, перетворює світло на керований матеріал, пропонує багатофункціональність без додавання простору та формує нову тектоніку, в якій технічна логіка руху є органічною частиною архітектурного образу. Саме в цій синергії — технологічній, просторовій та естетичній — полягає теоретична основа кінетичної архітектури як тенденції в дизайні сучасних громадських будівель.

Класифікація кінетичних систем. Кінетична архітектура — це багаторівнева складна система, що охоплює різні масштаби, механізми та сценарії руху. Її класифікація дозволяє систематизувати різні кінетичні рішення та виявити зв'язки між технічними, функціональними та естетичними аспектами архітектури. Кінетичні ефекти можуть проявлятися як у масштабі всієї будівлі, так і в її окремих

частинах, таких як фасад, дах та інтер'єр. При цьому рівень руху не є окремою технічною технікою, а частиною цілісної архітектурної системи, яка змінюється в просторі та часі, як живий організм.

Класифікація за функціональним рівнем. За рівнем простору, що зазнає змін, кінетичні системи в громадських будівлях поділяються на фасадні, просторові та інтер'єрні системи.

Фасадна кінетика є найпоширенішою формою рухливості, оскільки фасад виступає межовим шаром між зовнішнім середовищем і внутрішнім простором і формує архітектурний образ будівлі. У цьому випадку рух використовується для регулювання мікроклімату, освітлення, сонячної радіації та вітрових навантажень, а також для створення візуальної динаміки.

Типовими системами є автоматичні панелі, жалюзі або плівки, що реагують на інтенсивність сонячного випромінювання або температуру повітря. Серед відомих прикладів – фасадна система комплексу Al Bahr Towers (Абу-Дабі, архітектори AHR), де понад дві тисячі трикутних елементів «відкриваються» і «закриваються» відповідно до положення сонця, створюючи враження «дихаючої» оболонки, і виставковий зал Kiefer Technic (Австрія, Giselbrecht & Partners), фасад якого має обертові алюмінієві панелі, що одночасно регулюють кількість сонячної радіації, приватність і візуальний ритм будівлі.

Такі рішення не тільки підвищують енергоефективність будівель, але й вводять нову категорію – «динамічну пластичність фасаду», в якій просторові зміни стають частиною художньої мови архітектури.

Просторова кінетика передбачає трансформацію великих елементів архітектурного комплексу – дахів, підлог, залів або навіть цілих будівельних блоків. Це досягається за допомогою складних механічних або гіdraulічних систем, які дозволяють змінювати форму, об'єм або межі конструкції. Цей тип кінетики є найбільш складним з технічної точки зору, але має найбільший потенціал для створення гнучких громадських просторів.

Прикладами таких систем є рухомі дахи, що відкривають інтер'єр для зовнішнього повітря (наприклад, стадіон Mercedes-Benz у США або Stade Pierre-Mauroy у Франції), а також рухомі простори, що можуть висуватися, відкриватися або обертатися. Яскравим прикладом є культурний центр The Shed у Нью-Йорку (Diller Scofidio + Renfro), де гігантська сталева оболонка, оснащена рейковою системою, може висуватися на 37 метрів, утворюючи критий павільйон або відкритий простір. У цьому випадку кінетика діє як архітектурний механізм для зміни програми, безпосередньо впливаючи на функцію, а не тільки на форму.

Внутрішня кінетика проявляється в інтер'єрах громадських будівель і призначена для зміни функціонального сценарію використання просторів. Це може бути система рухомих перегородок, підйомних платформ, розсувних панелей, адаптованих меблів або елементів сцени. Внутрішня кінетика особливо важлива в багатофункціональних залах, конференц-центрах, бібліотеках, освітніх і культурних установах, де необхідно швидко адаптувати простір до різних типів заходів.

Наприклад, у сучасних університетських приміщеннях модульні стіни, встановлені на рейковій системі, дозволяють за лічені хвилини об'єднати кілька лекційних залів в один великий зал або, навпаки, розділити їх на окремі секції. Таким чином, рух у внутрішніх приміщеннях стає інструментом демократизації архітектури: користувачі визначають розмір і конфігурацію свого оточення.

Порівняльний аналіз цих трьох рівнів показує, що існує пряма кореляція між ступенем змін та їх впливом на архітектурну ідентичність. Якщо кінетика внутрішнього простору є переважно функціональною і невидимою ззовні, то кінетика фасаду і простору формує новий візуальний код будівлі, надаючи їй характеристик «живого організму». Таким чином, кінетика поступово переходить з технічної категорії в естетичну категорію архітектурного мислення.

Класифікація за механізмом дії. За принципом реалізації руху кінетичні системи поділяються на механічні, пневматичні, гіdraulічні, електромеханічні та інтерактивні.

Механічні системи є найбільш поширеними та надійними. Вони базуються на використанні шарнірів, рейкових направляючих, тросів, важелів, коліс та редукторів. Такі рішення характеризуються передбачуваною кінематикою та обмеженою кількістю ступенів свободи. Управління може бути ручним або автоматизованим за допомогою електродвигунів. Приклади: розсувні дахи стадіонів, обертові стіни, підйомні платформи. Їх перевагою є простота і довговічність, а головним недоліком – необхідність регулярного балансування і точного регулювання механізмів.

Пневматичні системи працюють за допомогою стисненого повітря, яке наповнює мембрани або надувні оболонки. Їхні основні переваги – легкість, швидкість монтажу та висока мобільність, що робить їх особливо зручними для тимчасових павільйонів, виставкових або фестивальних споруд. Такі системи здатні змінювати об'єм, висоту або прозорість оболонки залежно від тиску повітря. Водночас вони вимагають постійного контролю параметрів навколошнього середовища та врахування обмежень, що накладаються вітром і температурою.

Гіdraulічні та електромеханічні системи дозволяють переміщати масивні елементи – дахи, рівні сцени або цілі зали – за допомогою гіdraulічних приводів або електродвигунів. Гіdraulіка забезпечує високу потужність і точний контроль руху, тому вони широко використовуються у виставкових і театральних механізмах. Електромеханічні системи забезпечують плавний рух, багатоосьову синхронізацію вузлів і можливість програмного управління. Вони є основою сучасних адаптивних об'єктів, що працюють за автоматизованими сценаріями.

Інтерактивні системи є найсучаснішим етапом розвитку кінетики. Вони керуються датчиками, комп'ютерними алгоритмами або системами штучного інтелекту і реагують на зміни в режимі реального часу, такі як рівень освітлення, рухи людей або погодні умови. Такі системи дозволяють архітектурі активно брати участь у взаємодії з навколошнім середовищем і користувачем, перетворюючи будівлю на «інтелектуальний» об'єкт. Прикладами можуть слугувати будівля Media-ICT у Барселоні (Cloud 9), де прозорість оболонки регулюється автоматично, та готель Yas в Абу-Дабі (Asymptote Architecture), де інтерактивна світлодіодна оболонка реагує на рух і світло, створюючи комунікативну взаємодію між будівлею та містом.

Залежно від рівня інтеграції з системами управління, кінетичні системи можна розділити на пасивні, напівавтоматичні та активні.

• Пасивні системи вимагають безпосередньої участі людини (наприклад, ручного переміщення панелей).

- Напівавтоматичні системи керуються користувачем або простими електронними командами.
- Активні системи працюють самостійно завдяки даним датчиків і програмним алгоритмам.

Цей поділ відображає поступовий розвиток кінетичної архітектури від механічної системи до кіберфізичного організму, здатного приймати рішення.

Рекомендується доповнити класифікацію функціональними критеріями: рівнем надійності, енергоспоживанням, частотою технічного обслуговування та витратами життєвого циклу. Прості механічні системи мають тривалий термін служби, але меншу варіативність рухів; інтерактивні рішення, з іншого боку, є дуже адаптивними, але вимагають складної інфраструктури управління та постійного моніторингу. Таким чином, кінетика розглядається не тільки як формальне явище, але й як технічне та функціональне явище, яке вимагає системного підходу до проектування та обслуговування.

Кінетична архітектура **як засіб створення форми.** Незалежно від рівня або механізму функціонування, кінетична архітектура виходить за межі інженерних експериментів і функціонує як повноцінний засіб створення композиції та форми. Якщо в традиційній архітектурі форма є фіксованим

результатом, то в кінетичній архітектурі вона є безперервним процесом у часі. Кожна зміна положення елементів створює нову фазу зображення і формує динамічний просторовий досвід.

Таким чином, кінетична архітектура еволюціонує від функціонального руху – як технічного рішення – до естетичного руху, який стає засобом вираження. Хоча ранні приклади обмежувалися локальними змінами, сучасні інтегровані системи пропонують багатофакторні зміни – просторові, світлові, акустичні і навіть інформаційні. Як результат, кінетичну архітектуру не можна вважати допоміжною технологією, а скоріше новою парадигмою архітектурного мислення, в якій рух, технологія та художня форма поєднуються в єдину систему.

Глобальний досвід кінетичної архітектури в громадських будівлях. Розвиток кінетичної архітектури в глобальній практиці показує поступовий перехід від ізольованих експериментів з рухомими елементами до систематичного застосування кінетичних принципів у просторовій логіці будівель. У сучасних громадських будівлях кінетика виконує дві взаємопов'язані функції: функціональну та експлуатаційну – забезпечення адаптації простору до мінливих умов, регулювання мікроклімату, сонячного світла та акустики – та естетичну та композиційну – формування динамічного архітектурного образу, що змінюється з часом. Аналіз ключових реалізацій показує, що кінетичні системи стають не тільки технічною інновацією, але й повноцінною частиною архітектурного дизайну.

Одним з найвідоміших прикладів є The Shed у Нью-Йорку (США, 2019, архітектори Diller Scofidio + Renfro у співпраці з Rockwell Group). Це багатофункціональний культурний центр у комплексі Hudson Yards, який став іконою сучасної кінетичної архітектури. Будівля складається з двох частин: нерухомого восьмиповерхового ядра та зовнішньої металевої оболонки, яка ковзає на 37 метрів вперед по рейковій системі, створюючи критий простір – McCourt Space. Оболонка переміщується шістьма залізничними вагонами з гіdraulічними приводами; весь цикл займає лише п'ять хвилин. У відкритому стані конструкція стає великим павільйоном для виставок, концертів і вистав, а в закритому – повертається до своєї компактної форми, відкриваючи міський простір.

Кінетична енергія стає архітектурним відповідником функції – не тільки в русі конструкцій, але й у зміні призначення будівлі. The Shed втілює концепцію «архітектури, яка росте або зменшується за потреби», поєднуючи мобільність, енергоефективність та міську інтеграцію (рис. 1).

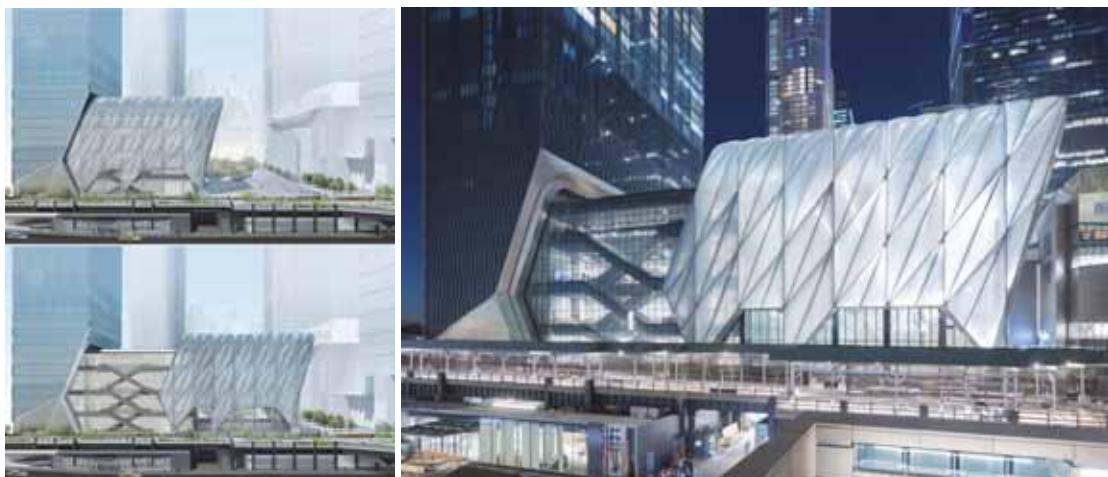


Рис. 1 - The Shed

Іншим примітним прикладом є вежі Аль-Бахр в Абу-Дабі (Об'єднані Арабські Емірати, 2012, AHR Architects), де кінетика була впроваджена в систему фасаду як засіб адаптації до клімату. Дві вежі оснащені адаптивною оболонкою (рис. 2), що складається з понад двох тисяч рухомих трикутних елементів, натхнених традиційним арабським декором машрабія. Кожна панель відкривається або

закривається залежно від інтенсивності сонячних променів на основі даних, що надаються світловими датчиками. Цей механізм зменшує теплове навантаження на фасад на 50%, зберігає природне освітлення і створює враження «дихаючої» архітектури.

Цей проект є чудовим прикладом поєднання інновацій та культурного коду: традиційний декоративний елемент був перетворений на високотехнологічну енергозберігаючу систему, продемонструвавши, як кінетика може еволюціонувати від декоративного мотиву до інструменту сталого дизайну.



Рис. 2 - Al Bahr Towers

Яскравим прикладом поєднання архітектури, технологій і біоморфних форм є Museu do Amanhã («Музей завтрашнього дня») в Ріо-де-Жанейро (Бразилія, 2015, Сантьяго Калатрава). Будівля спроектована як видовжена біла конструкція з двома великими рухомими «крилами», які змінюють своє положення протягом дня, регулюючи кількість сонячного світла, що потрапляє в головний атріум. Конструктивно ці крила є сталевими фермами, що обертаються навколо горизонтальної осі і нагадують пелюстки гіантської рослини (рис. 3).

Калатрава досягає ефекту «живої архітектури», де форма реагує на навколоїшнє середовище, а кінетика підкреслює екологічну концепцію музею. У цьому випадку рух не є демонстративним, а семантичним – це символ гармонії між людиною, природою та технологіями.



Рис. 3 - Museu do Amanhã

Важливою віхою в розвитку кінетики фасадів став виставковий зал Kiefer Technic у Бад-Гляйхенберзі (Австрія, 2007, Giselbrecht & Partners). Це візитна картка компанії, що спеціалізується на фасадних системах, і водночас експериментальний приклад кінетичної архітектури.

Його фасад складається з 112 алюмінієвих панелей, які можуть обертатися навколо вертикальної осі, створюючи численні комбінації відкриття (рис. 4). Система керується електронно, вручну або за розкладом, залежно від часу доби та погодних умов. Змінюючи положення панелей, будівля постійно набуває нових форм, різного ступеня прозорості та візерунків тіней.

Цей проект представляє кінетику фасаду як інтегрований художній принцип – рух не тільки регулює мікроклімат, але й формує ритмічну композицію, що візуалізує процес взаємодії архітектури та природи.



Рис. 4 - Kiefer Technic Showroom

Дуже цікавим прикладом об'ємно-просторової кінетики є Qizhong Forest Sports City Arena в Шанхай (Китай, 2005, архітектор Міцуру Сенда, компанія EDI). Купол арени складається з восьми 45-метрових сталевих пелюсток, які розкриваються, як квітка лотоса, і перетворюють криту арену на відкритий стадіон (рис. 5). Повний цикл відкриття займає близько восьми хвилин. Ця система дозволяє організовувати різні спортивні заходи, а рух пелюсток створює метафору циклу природи – відкриття і закриття, життя і спочинок. Кінетична енергія тут відіграє поетичну роль, поєднуючи технічну раціональність з біоморфною символікою.

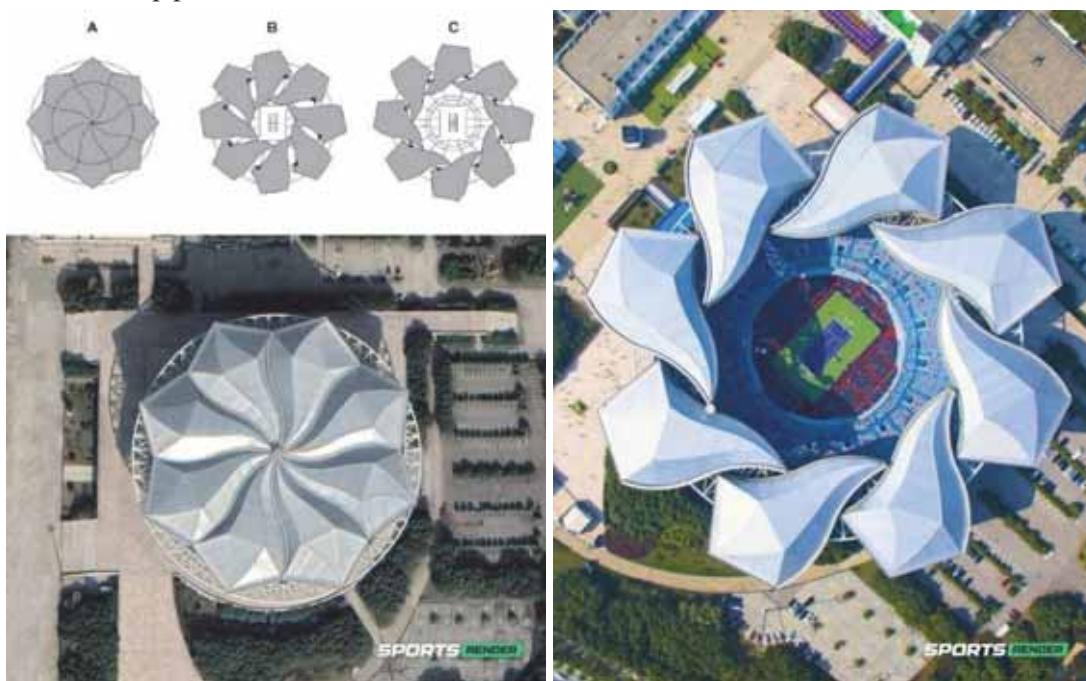


Рис. 5 - Qizhong Forest Sports City Arena

Іншим прикладом є готель Yas в Абу-Дабі (Об'єднані Арабські Емірати, 2009, Asymptote Architecture), де кінетика реалізується не у фізичному русі конструкцій, а в динаміці освітлення (рис. 6). Дві будівлі комплексу з'єднані еліпсоїдальною оболонкою, виготовленою з понад 5000 скляних

панелей, оснащених світлодіодним освітленням. Оболонка реагує на зовнішні подразники – рух автомобілів на трасі Формули-1, зміни освітлення або події, що відбуваються всередині – створюючи нескінчені сценарії поєднання кольорів. У цьому випадку рух відбувається на рівні сприйняття, перетворюючи архітектуру на медіафасад, який взаємодіє з містом як живий організм.



Рис. 6 - Yas Hotel

Аналізуючи ці приклади, ми можемо виділити три провідні тенденції в розвитку кінетичної архітектури в громадських будівлях:

- Механічна кінетика великих просторів – мета полягає у фізичній трансформації простору, зміні його масштабу або меж (The Shed, Qizhong Arena).
- Адаптивність фасаду – поєднує енергозбереження, кондиціонування повітря та динамічне формування зображення (Al Bahr Towers, Kiefer Technic Showroom).
- Інтерактивна кінетика світла – створює новий вимір комунікації для архітектури, де будівля взаємодіє з людьми та навколоишнім середовищем у режимі реального часу (Yas Hotel, Museu do Amanhã).

Міжнародний досвід показує, що кінетика більше не є лише технічною інновацією – вона стала методом архітектурного мислення, що поєднує інженерію, технологію та художнє вираження в єдину просторову мову. Кінетична архітектура сьогодні – це не просто рухомі елементи, а архітектура, яка живе в часі та відкриває нові можливості для створення форм, комунікації та адаптації в мінливому світі.

Реальність в Україні та перспективи розвитку кінетичної архітектури. Кінетична архітектура в Україні ще перебуває в зародковому стані. Наразі у вітчизняній практиці практично немає повністю реалізованих рухомих фасадів, дахів або інтерактивних оболонок, які б працювали в режимі автоматичного керування. Однак у архітектурному середовищі вже помітна тенденція до більшої гнучкості, мобільності та просторової сценографії. Ці процеси свідчать про те, що на різних рівнях, від змін інтер'єру до просторових рішень, поступово закладаються основи для розвитку кінетичних принципів. Українські архітектори все більше відходять від жорстких моделей дизайну і зосереджуються на архітектурі, яка може змінюватися відповідно до потреб користувачів і контексту. Подібні принципи просторових змін були реалізовані в UNIT.City в Києві, інноваційному освітньо-технологічному кампусі, що поєднує спільні простори, лекційні зали, дослідницькі лабораторії та зони відпочинку. Тут активно використовуються пересувні перегородки, модульні меблі, підйомні платформи та гнучкі конструкції, що дозволяють швидко перепланувати простір відповідно до типу заходу або кількості відвідувачів.

На особливу увагу заслуговує мобільний павільйон «House of Europe», створений українською студією Prototype за підтримки Європейського Союзу (рис. 7). Це мобільний павільйон, призначений для культурних заходів у різних містах України, і є першим вітчизняним прикладом архітектури з реальними кінетичними властивостями. Його конструкція базується на принципах модульності, легкої транспортування та швидкого монтажу. Павільйон можна збирати в різні конфігурації, змінюючи площину, висоту або відкритість простору. Цей проект демонструє потенціал української кінетики, яка зосереджується на економічних, технологічно здійсненних, але інноваційних рішеннях, що можуть створити адаптивне середовище навіть за обмежених ресурсів.



Rис. 7 - House of Europe Mobile Pavilion

Сьогодні більшість українських прикладів кінетики реалізовано в галузі тимчасової, виставкової та інтер'єрної архітектури – у стендах, виставкових системах, сценічних платформах, інтерактивних інсталяціях із використанням світлодіодних панелей, сенсорних поверхонь або рухомих модулів. Однак на рівні капітального будівництва розвиток кінетичної архітектури гальмується низкою об'єктивних факторів: економічними обмеженнями, відсутністю національного інженерного досвіду у виробництві спеціалізованого обладнання та компонентів, неповнота нормативної та технічної документації, а також певний консерватизм з боку замовників і девелоперів. Однак ці перешкоди не є непереборними – вони вказують напрямок подальшого розвитку в цій галузі.

У сучасних умовах післявоєнної відбудови потреба в мобільних, адаптованих і швидкомонтованих конструкціях стає одним із ключових факторів у пошуку нових архітектурних підходів. Кінетичні принципи можуть бути важливим інструментом у гнучкій реконструкції: збірні павільйони, мембрани покриття, рухомі модулі, розсувні або складні системи можуть швидко реагувати на зміни кількості відвідувачів, типів заходів, сезонів або кліматичних умов. У цьому контексті кінетична архітектура має не тільки естетичне, а й соціально-економічне значення – вона є засобом формування нової, гнучкої та стійкої архітектури відбудови.

Тому, незважаючи на відсутність великих кінетичних об'єктів, умови для розвитку цього тренду в Україні вже створені. Адаптивність, гнучкість і створення сценаріїв поступово стають невід'ємними рисами архітектури нового покоління. Поєднання технологічних інновацій та соціальних потреб суспільства може сформувати українську школу створення кінетичних форм, яка зосереджується не тільки на технічних експериментах, а й на створенні архітектури, що активно взаємодіє з користувачем, реагує на час і контекст та перетворює простір на живу систему, яка еволюціонує разом з людьми та суспільством.

Естетика руху у створенні архітектурної форми. Кінетична архітектура виходить за межі технічних експериментів і стає новою мовою архітектурної образності, в якій рух, зміна та ритм є найважливішими засобами вираження. Якщо традиційна архітектура прагнула стабільності, симетрії та досконалості, то кінетична архітектура прагне змін, відкритості та процесуальності. Її форма не є

фіксованою, а постійно змінюється, наближаючи архітектуру до принципів природних систем, де форма є наслідком руху, а не його запереченнем.

У сучасному дизайні рух є не лише механічною функцією, а й способом комунікації архітектури з людьми та навколошнім середовищем. Будівля, яка змінює свій стан, реагує на сонце, вітер, температуру, присутність людей або сценарій події і демонструє «емоційну поведінку». Така архітектура не вважається статичним об'єктом, а є партнером у розмові, який вступає в діалог з користувачем за допомогою руху, світла, звуку або кольору. Це особливо помітно в медіа-архітектурі, де фасади стають інтерактивними поверхнями, здатними відображати інформацію або художній контент у реальному часі. Легкі оболонки театрів і виставкових центрів, інтерактивні настінні інсталяції в музеях, які змінюють свою прозорість або колір відповідно до дій відвідувачів, формують нову сенсорну просторову естетику, яка реагує на людей.

Естетика кінетичної архітектури базується на розумінні руху як форми часу. Це відрізняє її від динамічної архітектури модернізму, яка лише імітувала рух за допомогою нахилів, асиметрії або діагоналей. У кінетичній архітектурі рух є реальним, конкретним і сценічно організованим; він створює драматургію простору і вносить в композицію елементи очікування, темпу і ритму. Архітектура набуває характеристик хореографії або музичної композиції, в якій перехід від одного простору до іншого має свій ритм і емоційний тон. Таким чином, кінетика додає архітектурі часової глибини та здатності еволюціонувати разом із подією.

Художня цінність кінетичної архітектури полягає в поєднанні інженерної логіки та поетики руху. Механізми, пристрой управління, мембрани та пневматичні оболонки більше не є технічними деталями, а стають естетичними елементами, що втілюють ідею мобільності. Так само, як у готичній архітектурі каркас став символом духовного піднесення, у сучасній кінетичній архітектурі, такій як The Shed або Museu do Amanhã, момент зміни сприймається як народження форми, коли архітектура буквально оживає на очах глядача.

Естетика руху також відкриває нові перспективи для емоційного сприйняття простору. Рухомі елементи можуть викликати подив, очікування або навіть співчуття, коли користувачі сприймають їхню поведінку як живу реакцію. У таких просторах створюється глибший зв'язок між людьми та їхнім оточенням – не як спостерігачами та об'єктами, а як учасниками спільного процесу. Це відповідає гуманістичним цінностям сучасного архітектурного мислення, яке не розглядає архітектуру як статичний артефакт, а як живу систему взаємодії.

Тому кінетична архітектура – це не тільки технологічна інновація, але й естетика взаємодії – архітектура, яка мисливе себе в часі. Вона поєднує технологію, мистецтво та емоційний досвід, утворюючи нову культурну парадигму – архітектуру руху, взаємодії та часу, в якій форма не є статичною, а постійно відтворюється – у взаємодії з життям, людьми та середовищем.

Висновки. Кінетична архітектура стає однією з провідних тенденцій у сучасному дизайні, де рух є органічною частиною архітектурної логіки. В її основі лежить синтез технологій, форми та функціональності, що забезпечує адаптивність простору до мінливих умов навколошнього середовища та потреб користувачів. Кінетичні принципи формують новий спосіб мислення, в якому архітектура розглядається як жива система, здатна реагувати, змінюватися та спілкуватися за допомогою світла, звуку, матеріалів та цифрових даних. Міжнародна практика показує, що кінетика вже стала невід'ємною частиною архітектурної культури – від механічних змін до інтерактивних оболонок, що поєднують технологію та естетику руху. Для України цей напрямок має особливий потенціал у контексті післявоєнної відбудови: адаптивні, мобільні та технологічно гнучкі конструкції можуть надати нової якості громадським просторам. Отже, кінетична архітектура – це не лише технічна інновація, а й нова етична взаємодія між архітектурою, людьми та навколошнім середовищем, в якій форма стає процесом, а рух – серцевиною архітектури.

Бібліографія

Al Bahr Towers, Abu Dhabi / AHR Architects, n.d. Al Bahr Towers. Available at: <https://www.ctbuh.org/resource/al-bahr-towers> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Fortmeyer, R. and Linn, C., n.d. Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes. Available at: https://issuu.com/imagespublishing/docs/kinetic_architecture [Дата звернення 2 листопада 2025].

Fox, M. and Kemp, M., n.d. Interactive Architecture. Available at: <https://www.princetonarchitecturalpress.com/book/?GCOI=15647100511210> [Дата звернення 2 листопада 2025].

House of Europe Mobile Pavilion / Prototype Architecture Studio, n.d. House of Europe Mobile Pavilion. Available at: <https://houseofeurope.org.ua/news/mobile-pavilion> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Kiefer Technic Showroom, Austria / Giselbrecht & Partners, 2007. Kiefer Technic Showroom. Available at: <https://www.archdaily.com/13176/kiefer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-plus-partner> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Kronenburg, R., n.d. Flexible: Architecture that Responds to Change. Available at: <https://www.laurenceking.com/product/flexible/> [Accessed 20 November 2025].

Museu do Amanhã, Rio de Janeiro / Santiago Calatrava, n.d. Museum of Tomorrow. Available at: <https://www.archdaily.com/778376/museum-of-tomorrow-santiago-calatrava> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Negroponte, N., n.d. Soft Architecture Machines. Available at: <https://mitpress.mit.edu/9780262640384/soft-architecture-machines/> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Пархоменко, Л.О. Адаптивна архітектура та просторові трансформації громадських будівель: монографія. – Київ: КНУБА, 2018.

Шумілін, М.В. Сучасні тенденції розвитку кінетичної архітектури // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2021. – № 82. – С. 55–63. Режим доступу: <https://visnyk-odaba.od.ua> [Дата звернення 2 листопада 2025].

The Shed, New York / Diller Scofidio + Renfro, Rockwell Group, n.d. The Shed. Available at: <https://www.archdaily.com/913623/the-shed-diller-scofidio-plus-renfro> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Zuk, W. and Clark, R.H., n.d. Kinetic Architecture. Available at: <https://archive.org/details/kineticarchitecture> [Дата звернення 2 листопада 2025].

Bibliography

Al Bahr Towers, Abu Dhabi / AHR Architects, n.d. Al Bahr Towers. Available at: <https://www.ctbuh.org/resource/al-bahr-towers> [Accessed 2 November 2025].

Fortmeyer, R. and Linn, C., n.d. Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes. Available at: https://issuu.com/imagespublishing/docs/kinetic_architecture [Accessed 2 November 2025].

Fox, M. and Kemp, M., n.d. Interactive Architecture. Available at: <https://www.princetonarchitecturalpress.com/book/?GCOI=15647100511210> [Accessed 2 November 2025].

House of Europe Mobile Pavilion / Prototype Architecture Studio, n.d. House of Europe Mobile Pavilion. Available at: <https://houseofeurope.org.ua/news/mobile-pavilion> [Accessed 2 November 2025].

Kiefer Technic Showroom, Austria / Giselbrecht & Partners, 2007. Kiefer Technic Showroom. Available at: <https://www.archdaily.com/13176/kiefer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-plus-partner> [Accessed 2 November 2025].

Kronenburg, R., n.d. Flexible: Architecture that Responds to Change. Available at: <https://www.laurenceking.com/product/flexible/> [Accessed 20 November 2025].

Museu do Amanhã, Rio de Janeiro / Santiago Calatrava, n.d. Museum of Tomorrow. Available at: <https://www.archdaily.com/778376/museum-of-tomorrow-santiago-calatrava> [Accessed 2 November 2025].

Negroponte, N., n.d. Soft Architecture Machines. Available at: <https://mitpress.mit.edu/9780262640384/soft-architecture-machines/> [Accessed 2 November 2025].

Parkhomenko, L.O. Adaptive Architecture and Spatial Transformations of Public Buildings: Monograph. – Kyiv: KNUBA, 2018.

Shumilin, M.V. Current trends in the development of kinetic architecture // Bulletin of the ODABA. – Odessa, 2021. – № 82. – pp. 55–63. Available at: <https://visnyk-odaba.od.ua> [Accessed 2 November 2025].

The Shed, New York / Diller Scofidio + Renfro, Rockwell Group, n.d. The Shed. Available at: <https://www.archdaily.com/913623/the-shed-diller-scofidio-plus-renfro> [Accessed 2 November 2025].

Zuk, W. and Clark, R.H., n.d. Kinetic Architecture. Available at: <https://archive.org/details/kineticarchitecture> [Accessed 2 November 2025].

Anna Matsegora¹, Oleksi Gubanov², Vitalii Vyazovskiy³, Yelyzaveta Nepochatykh⁴

¹ student of group AM-44-AMMd-24, Department of Architecture and Design

Institute of Architecture and Construction 'IFNTUNG-DonNABA', Ivano-Frankivsk

anna.matsehora-ar44m-1@nung.edu.ua

orcid.org/0009-0008-8877-4137

² Associate Professor, Department of Architecture and Design

Institute of Architecture and Construction 'IFNTUNG-DonNABA', Ivano-Frankivsk

oleksi.hubanov@nung.edu.ua

orcid.org/0000-0001-6833-489X

³ Senior Lecturer, Department of Architecture and Design

Institute of Architecture and Construction 'IFNTUNG-DonNABA', Ivano-Frankivsk

vitalii.viazovskiy@nung.edu.ua

orcid.org/0000-0002-8113-1859

⁴ Associate Professor, Department of Architecture and Design

Institute of Architecture and Construction 'IFNTUNG-DonNABA', Ivano-Frankivsk

yelyzaveta.nepochatykh@nung.edu.ua

orcid.org/0000-0002-0617-7873

KINETIC ARCHITECTURE AS A DIRECTION OF CONTEMPORARY FORM CREATION

© Matsegora A. G., Gubanov O. V., Vyazovsky V. E., Nepochatykh E. A., 2025

The article explores kinetic architecture as one of the contemporary directions of form creation in public buildings. It reveals the evolution of the concept of kinetics from 20th-century experiments to the integration of digital technologies and adaptive systems in modern design. The main principles of kinetic architecture are defined: mobility, adaptability, interactivity, and reactivity. The article analyzes global experience in the implementation of kinetic structures, in particular The Shed in New York, Al Bahr Towers in Abu Dhabi, Museu do Amanhā in Rio de Janeiro, and Kiefer Technic Showroom in Austria. The trends in the development of kinetic systems in Ukraine are outlined using the examples of the Promprylad.Renovation, UNIT.City, and House of Europe Mobile Pavilion projects. It is concluded that kinetic architecture forms a new aesthetic of movement, where form is perceived as a process and architecture as an adaptive, "living" system capable of responding to people and the environment.

Keywords: kinetic architecture, space transformation, public buildings, adaptability, interactivity.