

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.101-114

721.011: 72.01

д.арх., професор **Ковальська Г.Л.**,
kovalska.gl@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9873-5413,
Кантаурова Н.А.,
kantaurova.na@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7607-3570,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ АДАПТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ПРИЙОМАМИ КІНЕТИЧНОЇ ТА БІОНІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Завдання сучасної архітектурної теорії має бути орієнтовано на пошук прийомів та методів побудови нового адаптивного простору. Адаптація має враховувати безліч сценаріїв та ймовірних напрямків подальшого розвитку. До інноваційних архітектурних напрямів можна віднести кінетичну архітектуру та біонічну архітектуру – це актуальні напрямки наукових досліджень в основі яких закладено рух. Кінетична архітектура використовує рух та трансформацію для створення динамічних, розумних будівель, До основних принципів кінетичної архітектури належать: динамічність, трансформованість, системність. Біонічна архітектура є штучним намаганням втілення природніх форм, рухів та властивостей у об'єкти архітектури. До основних принципів біонічної архітектури належать: біоструктуризм, біоформізм, біотрансформізм. Існує подібність між підходами кінетичної та біонічної архітектури, оскільки вони відходять від традиційної статичності будівель та орієнтовані на рух, динаміку та трансформацію. Кінетична архітектура втілює людські розробки перетворень архітектурних об'єктів, а біонічна архітектура наслідує в будівлях або їх елементах структуру та властивості живих організмів. Впровадження принципів трансформації архітектурних об'єктів має великі перспективи для використання в архітектурі, оскільки генерують нові ідеї.

Ключові слова: адаптивність; кінетична архітектура; біонічна архітектура; динамічна архітектура; принципи трансформації; рухомі конструкції.

Актуальність теми та постановка проблеми. Особливістю нашого часу є постійна зміна поведінки людей та умов їхнього життя. Суспільство на сучасному етапі розвитку потребує зміни підходів до проектування та організації середовища існування. Зазначені потреби, зокрема в Україні, викликані рядом факторів, а саме: інформатизацією суспільства та інтеграцією сучасних технологій в житлове середовище та робочий простір, кліматичними

змiнами, безпековою ситуацією. Здатність людства адаптуватись до нових умов існування є найважливішою рисою виживання.

Таким чином, створення архітектурного середовища, здатного до адаптації відповідно до результатів прогнозування змін способу життя суспільства, є одним з основних компонентів процесу проектування. Завдання сучасної архітектурної теорії має бути орієнтовано на пошук прийомів та методів побудови нового адаптивного простору й принципів трансформації та підходів для адаптації існуючого простору до реальних викликів. Адаптація має враховувати безліч сценаріїв та ймовірнісних напрямків подальшого розвитку [1].

Адаптивність як фундаментальний принцип еволюції породжує концепцію адаптивності архітектура. Актуальність адаптивної архітектури зумовлена тим, що людство досягло нового рівня розуміння світу та природи.

Адаптивна архітектура стосується будівель, спроектованих для адаптації до сучасних та майбутніх викликів. До таких належать як зовнішні впливи (навколишнє середовище, політичні процеси, фактори національної та особистої безпеки) так і внутрішні фактори (розумні системи та технології). Спостерігається зростаючий інтерес до цього нового напрямку досліджень, наслідком чого є велика різноманітність публікацій [2, 3].

Загалом, адаптивна архітектура не є чітко визначеною галуззю архітектурних досліджень. Адаптивна архітектура об'єднує різні напрямки, що належать до широкого кола дисциплін, зокрема архітектури, мистецтва, інформатики та інженерії. В умовах розвитку науково-технічного прогресу відбувається залучення до архітектурних досліджень нових знань. Ця мультидисциплінарність має великі переваги, коли новітні розробки в суміжних галузях перетинаються, створюючи захопливі нові дизайни, форми, конструкції будівель. До таких інноваційних архітектурних напрямів можна віднести кінетичну архітектуру та біонічну архітектуру. Кінетична архітектура базується на здатності будівлі та її окремих елементів до фізичних змін форми чи положення, тобто на етапі проектування будівлі закладається можливість адаптації до нових вимог та потреб [4]. Зміст біонічної архітектури полягає у практичному використанні принципів природи для створення архітектурних форм. При цьому елементи природи не просто візуально відтворюються, а проектуються нові конструктивні, декоративні елементи в результаті моделювання живих систем як сукупності матеріальної та просторової характеристик із функціональними процесами [5].

Аналіз останніх публікацій. Теоретичні та проектні дослідження врахували положення фахівців та архітекторів щодо адаптивності як системної властивості середовища архітектурних об'єктів [2, 7, 8]. Також зазначається

доцільність розробки нових та інноваційних підходів до формування архітектурних об'єктів з урахуванням змін адаптивного простору з часом [9, 10]. Особливий інтерес викликають проблеми формування адаптивного середовища як принцип формування архітектурних об'єктів [6].

Сьогодні набувають актуальності дослідження інноваційних напрямків архітектури, пов'язаних з проектуванням динамічних об'єктів та їх елементів, зокрема кінетична архітектура [4, 11, 12] та біонічна архітектура [13-15].

Однак у наукових роботах досі не проведено систематизації та комплексного аналізу інноваційних підходів, що використовуються в адаптивній архітектурі. Це створює значні перешкоди для ефективного впровадження та подальшого розвитку динамічних, розумних будівель.

Метою статті є розгляд інноваційних методів адаптації у формуванні архітектурного простору прийомами кінетичного та біонічного напрямку архітектурної діяльності. Це вимагатиме вирішення низки дослідницьких завдань:

1. Аналіз цілей, принципів кінетичної та біонічної архітектури щодо їхнього внеску у підвищення адаптивності архітектурного простору.
2. Розкриття конструктивних особливостей кінетичної та біонічної архітектури.
3. Наведення прикладів реалізованих проектів прийомами кінетичної та біонічної архітектури.

Виклад основного матеріалу. Архітектурний простір повинен відповідати своєму функціональному призначенню, яке може змінюватися значно частіше, ніж архітектурний об'єкт. Тому важливо розробляти засоби організації середовища, використовуючи гнучкість та мобільність архітектурного об'єкта. Можливість трансформації є запорукою існування об'єкта. Це зумовлює необхідність врахування особливостей адаптації у формуванні простору середовищ існування.

Залежно від характеру трансформації архітектурних об'єктів розрізняють:

- якісну зміну – шляхом перетворення внутрішніх елементів зі збереженням загальних розмірів об'єкту архітектури. У цьому випадку внутрішні процеси адаптації архітектурного об'єкта відбуваються в межах його зовнішньої оболонки;
- кількісну зміну – зміну загальних розмірів будівлі, пов'язану з її конструктивними особливостями. У цьому випадку зовнішні процеси адаптації архітектурного об'єкта відбуваються шляхом зміни його зовнішньої оболонки.

Аналіз цілей та принципів кінетичної та біонічної архітектури у підвищенні адаптивності архітектурного простору.

Адаптація формування архітектурного простору проявляється у статичній (стаціонарній, традиційній) та динамічній (гнучкій, що розвивається) формі [12]. Фактично, статична архітектурна адаптація – це традиційна реконструкція зі зміною функціональної та просторової організації. Динамічна адаптація розуміється як трансформація, яка може бути оборотним процесом. Залежно від характеру зміни в часі, процеси динамічної адаптації архітектурних об'єктів можуть бути циклічними (з можливістю повернення просторових характеристик середовища в початковий стан) та ациклічними (відсутність можливості реверсії, коли відбувається незворотна зміна просторових характеристик середовища). Циклічність трансформації визначає можливість зміни архітектурного простору в часі, яка може бути короткочасною або періодичною (щоденною, регулярною та сезонною) [8].

Основна мета кінетичної архітектури – перетворити статичну будівлю на адаптивну систему, яка може взаємодіяти з навколишнім середовищем та потребами користувачів. До основних принципів кінетичної архітектури належать [16]:

- динамічність – наявність рухомих частин будівлі (фасади, дахи, стіни, перегородки), які можуть змінювати геометрію або положення;
- трансформованість – можливість будівлі або її елементів змінювати свою конфігурацію, об'єм або функціональність та реагувати на змінні умови (погода, освітлення, температура, вітер) або на дії користувача;
- системність, розгляд будівлі як складної системи, де рухомі компоненти є не просто декоративними елементами, а інтегровані в інженерні та конструктивні рішення.

Кінетична архітектура використовує рух та трансформацію для створення динамічних, розумних будівель, що забезпечують високу якість середовища з підвищеними екологічними вимогам під потреби людини, формують об'єкти з високими естетичними характеристиками та позитивним психофізіологічним впливом із зниженим споживанням електроенергії будівлею.

Головна мета біонічної архітектури – розробити будівлі, які будуть оптимізовані подібно до природних систем, забезпечуючи високу ефективність і мінімальний вплив на довкілля. До основних принципів біонічної архітектури належать [17]:

- біоструктуризм – подібність внутрішньої організації та структурної особливості природних об'єктів (наприклад, використання стільникових структур або фракталів для підвищення міцності та зменшення ваги);
- біоформізм – наслідування зовнішньої форми живих організмів з їх внутрішньою структурою (наприклад, будівлі, що нагадують дерево, квітку, мушлю);

- біотрансформізм – наслідування функціональних трансформацій та динамічних стратегій живих систем (наприклад, самоочищення фасаду, як у листка лотоса, або системи збору вологи, як у жука-чорнотілки).

Біонічна архітектура є штучним намаганням втілення природніх форм, рухів та властивостей у об'єкти архітектури.

Існує подібність між підходами кінетичної та біонічної архітектури, оскільки вони відходять від традиційної статичності будівель та орієнтовані на рух, динаміку та трансформацію. Кінетична архітектура втілює людські розробки перетворень архітектурних об'єктів, а біонічна архітектура наслідує в будівлях або їх елементах структуру та властивості живих організмів.

Конструктивні особливості кінетичної архітектури.

Рух окремого елемента будівлі не має великого значення, однак, коли набір кінетичних елементів рухається синхронно або послідовно, кінцевий результат може бути вражаючим. Організаційні моделі мають велике значення в кінетичній архітектурі. Одні й ті ж компоненти можуть бути налаштовані по-різному, створюючи нескінченний спектр трансформованих структур. Залежно від їхнього положення в просторі та взаємозв'язків, вони можуть працювати у двох або трьох вимірах, утворюючи багато можливих форм. В архітектурі домінують дві просторові теми: центральний простір та лінійний простір [16] (рис. 1).

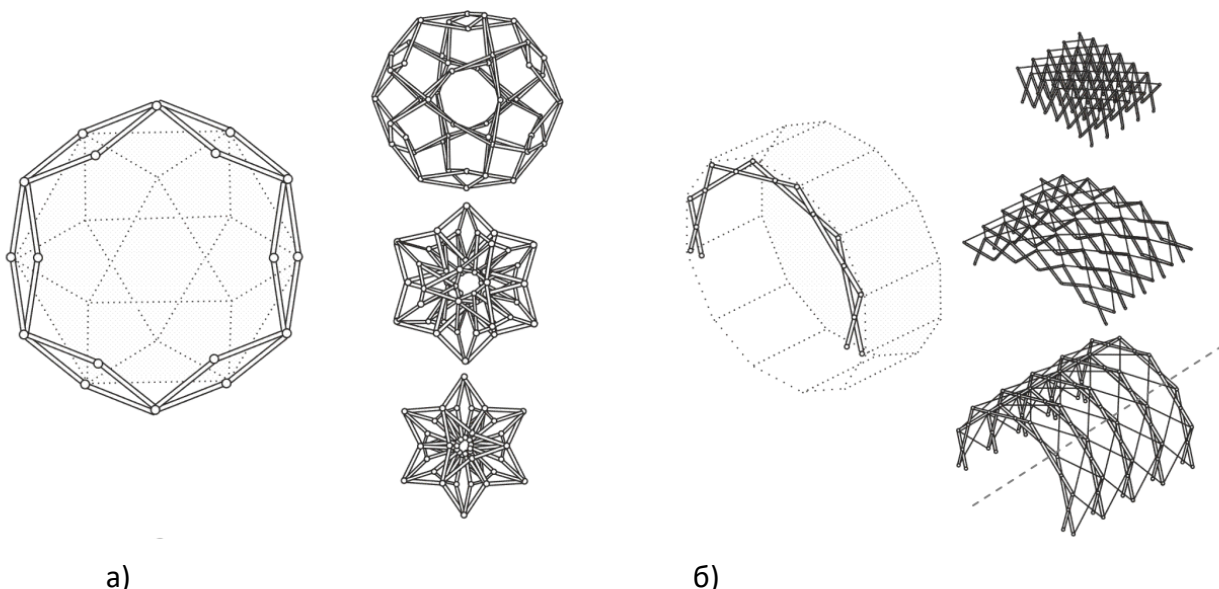


Рис. 1. а) центрична конфігурація, яка базується на просторовій багатогранній формі;
б) лінійна конфігурація, що генерується вздовж осі [17]

Фізичний рух у кінетичних структурах з центричними конфігураціями робить додатковий акцент на центрі форми, тому їх можна проектувати та розташовувати таким чином, щоб підкреслити важливість центричного

простору в будівлі. Структури з центричними конфігураціями, як правило, працюють у двох вимірах, коли вони вписані в круглу форму, або в трьох вимірах, коли вони вписані в сферичну форму. Правильні багатокутні фігури, які можна вписати в кола (зазвичай, з парною кількістю сторін, таких як квадрати, шестикутники та восьмикутники), дуже часто використовуються в двовимірних структурах, особливо в структурах з жорсткими компонентами та механічними з'єднаннями.

Структури з лінійними конфігураціями включають форми, зазвичай організовані вздовж хребта або осі (слідуючи прямим або кривим лініям), де довжина переважає над шириною, а напрямок замінює центр. Лінійні конфігурації можуть бути утворені серією періодично розміщених модулів (кінетичних пристроїв), які охоплюють вузький вимір поздовжньої форми або об'єму. Модулі можуть бути геометрично пов'язані своїми краями або вершинами, що дозволяє передавати рух від одного до наступного (рис. 1). Модульність та повторення є спільними рисами для всіх візерунків, однак у кінетичних структурах з лінійною конфігурацією вони відіграють додаткову архітектурну роль. Повторення елементів може бути використано для створення перспективи або сприйняття нескінченності в лінійному просторі. Крім того, введення фізичного руху також може служити для підкреслення відчуття прогресу та руху або поняття зростання та поступових змін у сприйнятті простору.

Можливості сіткового дизайну обмежені лише уявою дизайнера, проте існують певні геометричні обмеження, які роблять певні типи сіток більш поширеними. Наприклад, регулярні сітки, утворені періодичними мозаїками трьох основних правильних багатокутників (трикутників, квадратів та шестикутників), є переважаючими в кінетичних структурах завдяки їхній сумісності з традиційними архітектурними формами.

Основні трансформаційні параметри в кінетичній архітектурі визначені як розмір, форма, просторове положення та структура [16]. Будівлі, що змінюють свій розмір, здійснюють рух головним чином шляхом зміни масштабу та пропорцій. Будівлі, що змінюють свою форму, рухаються, одночасно трансформуючи свої геометричні візерунки та модульність. Ті, що змінюють своє просторове положення, рухаються шляхом переміщення в просторі, головним чином за допомогою обертання або переміщення. Тоді як ті, що змінюють свою структуру, можуть здійснювати рух, змінюючи властивості своїх матеріалів.

Конструктивні особливості біонічної архітектури. Біонічна архітектура не орієнтована на повтор природних форм, а використовує принципи та ідеї їх побудови. Будова простору в біонічній архітектурі трансформується від

осьової, центричної чи модульної структури, як в кінетичній архітектурі, до динамічної топології, що змінюється відповідно до функції, руху та інсоляції [15]. Простір тут відтворює розвиток органічного тіла або міграцію потоків у біологічному середовищі.

Методи копіювання та моделювання, які використовуються в біонічній архітектурі, дозволяють реалізувати в технічній конструкції окремі властивості прототипу – живого організму [17]. Біоніка досліджує найбільш загальні принципи будови та функціонування біологічних форм і технічних систем, вона слугує значним стимулом для більш поглибленого вивчення живих організмів із метою з'ясування їхньої конструктивної подібності з технічними системами, а також використання отриманих знань із метою створення принципово нових конструкцій, механізмів та матеріалів.

Природа і людський мозок діють за аналогічними законами, створюючи найбільш оптимальні конструктивні рішення, а саме – перерозподіл навантаження, економія енергії та матеріалу, адаптивність, компактність, поліфункціональність тощо.

Особливостями біонічної архітектури є конструктивна унікальність відтворення кожного природного об'єкта. Біонічні будівлі є індивідуалізованими інженерними витворами, подібними до унікальних біологічних систем, тому такі будівлі рідко бувають серійними.

Знання про механіку руху гусені та її здатність до трансформації шляхом скорочення та видовження власного тіла дали імпульс до втілення в архітектурі. Використання принципів, запозичених із живої природи, рослинного і тваринного світу, є прогресивним напрямом конструктивного рішення будівель і споруд або їхніх окремих елементів.

Наведення прикладів реалізованих проектів з використанням прийомів кінетичної та біонічної архітектури.

Одним з яскравих прикладів кінетичної архітектури є спортивна арена Mercedes-Benz Stadium (Атланта, штат Джорджія, США), що є однією з найбільш технологічних споруд у світі (рис. 2).

Стадіон споруджений у 2017 році за проектом архітектурної корпорації НОК (Hellmuth, Obata + Kassabaum) [18].

Місткість споруди близько 71 тис. глядачів (за необхідності може розширюватися до 75 тис. глядачів або зменшуватися). Найвідоміша частина стадіону – це його унікальний розсувний дах (окулос). Він складається з 8 трикутних пелюсток напівпрозорого матеріалу ETFE (етилентетрафторетилен). Візуально здається, що дах обертається, а насправді пелюстки рухаються по прямих рейках, рух нагадує діафрагму фотоапарата. Дах може повністю відкритися або закритися менш ніж за 8 хвилин. Величезна прозора стіна з боку

міста «вікно в місто» відкриває панорамний вид на хмарочоси Атланти прямо з трибун [18]. Цей стадіон також відомий своєю екологічністю (має сертифікат LEED Platinum).



Рис. 2. Спортивний комплекс Mercedes-Benz Stadium (США) [18]

Ще один достойний представник кінетичної архітектури – геліотроп (heliotrope), перший у світі будинок, що виробляє більше енергії, ніж споживає. Він знаходиться у місті Фрайбург, Німеччина, архітектор Рольф Діш. Будинок збудовано у 1994 році, як його власну резиденцію (рис. 3) [19].



Рис. 3. Будинок геліотроп у місті Фрайбург, Німеччина [19]

Циліндрична будівля розташована на стержні. З однієї сторони будинок має потрійний склопакет, з іншого боку – добре ізольовану стіну. Будинок

повільно обертається навколо своєї осі (поворот на 180 градусів протягом дня), щоб «слідувати» за сонцем. В зимові дні будівля повернена вікнами на південь, щоб пропустити максимальну кількість сонячного випромінювання всередину будинку. В спекотні літні дні навпаки – будинок до сонця обернений стінами, щоб запобігти перегріванню приміщень. Будинок оснащено геліотермічною установкою, вентиляцією з рекуперацією, геотермальним теплообмінником. Система збору дощової води використовується для господарських потреб та змивання води в санвузлах [19].

На даху розташовані величезні сонячні панелі («сонячне вітрило»), які також обертаються незалежно від будинку. Також в залежності від розташування сонця змінюється кут розташування самої установки. Система здатна витримати високі вітрові навантаження з п'ятикратним запасом безпеки.

Виставковий павільйон One Ocean у м. Йосу (Південна Корея) – це приклад кінетично-біонічного фасаду, за допомогою якого контролюється освітлення внутрішнього простору (рис. 4) [20].



Рис. 4. Виставковий павільйон One Ocean у м. Йосу (Південна Корея) [20]

Будівля збудована у 2012 році. Дизайн натхненний океаном і намагається втілити ідею «живого океану та узбережжя». Проект розроблений австрійською студією «Soma Architecture». Форма будівлі нагадує рибу або морську хвилю.

Фасад довжиною 140 м має змінну висоту від 3 до 13 м. Поверхня складається зі 108 ламелей «зьябра», закріплених на верхній і нижній кромках фасаду. Ламелі складаються з армованого скловолокном полімеру, високоміцного і еластичного, здатного плавно згинатися і повертатися в початковий стан. Система живиться від сонячних панелей і керується комп'ютером, кожен рухливий елемент може рухатися в індивідуальному порядку в межах певної логіки руху всього фасаду [20].

Шедевром сучасної біонічної архітектури є центр Гейдара Алієва в Баку (Азербайджан), спроектований відомою ірако-британською архітекторкою Захою Хадід (рис. 5) [21].



Рис. 5. Центр Гейдара Алієва в Баку (Азербайджан) [21]

Головна особливість – повна відсутність прямих ліній та гострих кутів. Будівля має хвилеподібну, текучу форму, що нагадує підйом з землі та плавний спуск, символізуючи нескінченність та зв'язок минулого з майбутнім. Поверхня будівлі ніби виростає з землі та огортає функціональні зони. Основна конструкція складається з бетонної основи та системи просторових рам. Зовнішня оболонка облицьована 12 тис. панелями зі спеціального композиту (скловолокно, армоване поліестером), які формують складні криволінійні поверхні. Білий колір символізує світле майбутнє та підкреслює гру світла на динамічних формах [21].

Висновок. Адаптація як принцип формування архітектурних об'єктів проявляється у статичній (стаціонарній, традиційній) та динамічній (гнучкій, що розвивається) формі. Динамічна адаптація може бути сезонною та добовою, а також мати інші типи проявів. Процеси перетворення можуть бути циклічними (оборотними) та ациклічними (необоротними).

Кінетична архітектура використовує рух і трансформацію для створення динамічних, розумних будівель, що відповідають потребам людини, підвищують екологічність та естетичність середовища, мають позитивний психофізіологічний вплив і знижують енергоспоживання.

Біонічна архітектура не орієнтована на повтор природних форм, а використовує принципи та ідеї їх побудови. Структурна аналогія органічного світу у сфері конструкцій і матеріалів виглядають доволі перспективними.

Ідеї адаптації допомагають створювати виразні архітектурні рішення, які не втрачають своєї актуальності та відповідають потребам суспільства. У зв'язку з цим виникає потреба вирішити питання адаптації не лише з точки зору економії енергії під час експлуатації будівлі, а й для передбачення можливих змін умов експлуатації. Впровадження принципів адаптації архітектурних об'єктів має великі перспективи для використання в архітектурних науково-технічних розробках, які генерують нові ідеї.

Список використаних джерел

1. Мироненко, В.П., & Демидюк, Ю. (2013). Розвиток ідей адаптивності в сучасному міському середовищі. *Теорія та практика дизайну*, (4), 105-112.
2. Kronenburg R. (2007), *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain, London, UK. 240 p.
3. Harper, R. (2003) *Inside the smart home*, London; New York, Springer.
4. Бачинський Д. Кінетична архітектура, як інноваційний підхід у формуванні громадських будівель. *Build-Master-Class-2024: International scientific-practical conference of young scientists*, Kyiv, 05-07 november 2024 / Kyiv national university of construction and architecture (KNUCA); chief editor: V.I. Skochko. – Kyiv: KNUCA, 2024. – С. 49-50.
5. Броннікова С.С. (2022). Основні засади формування кінетичної архітектури. *Комунальне господарство міст. Серія: «Економічні науки»*, 3(170), с. 71-76. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-71-76>.
6. Schmidt-III R. & Austin S. *Adaptable architecture: Theory and Practice* Routledge, 2016. 296 p.
7. Scheider T., Till J. Flexible housing: Opportunities and limits, *Architectural Research Quarterly*, 2005. Vol. 9. № 02. pp. 157-166. <https://doi.org/10.1017/S1359135505000199>.
8. Schnädelbach, H. (2010). *Adaptive Architecture – A Conceptual Framework*. Conference: MediaCityMediaCity. <https://www.researchgate.net/publication/235218510>.
9. Penn, A. (2007) *Mixed Reality Architecture: A Dynamic Architectural Topology*. <https://www.academia.edu/14187330>.
10. Zellner, P. (1999) *Hybrid space: new forms in digital architecture*, London, Zames & Hudson.
11. Fox, M. & Kemp, M., (2009) *Interactive Architecture*. Princeton Architectural Press, New York.

12. Вотінов М.А. & Смірнова О.В. Інноваційні прийоми формування інтерактивних будівель і споруд у міському середовищі: монографія. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 112 с.
13. P. Gruber. *Biomimetics in Architecture*, Springer, Wien, New York, 2011, 280 p.
14. Yu Jing: *Study on Form and Color of Bionic Design*, Master Degree Thesis of Hunan University (2008), p 1-2.
15. Дорохіна, Г., & Галат, С. (2025). Теоретичні передумови становлення біонічної архітектури. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, (72), 45–54. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.45-54>.
16. Stevenson, C. (2011). Morphological Principles of Current Kinetic Architectural Structures. Conference: In *Adaptive Architecture* Volume: pp. 1-12. <https://www.researchgate.net/publication/316885581>.
17. Benyus J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Perennial, 2002. 310 p.
18. Веб-сайт компанії НОК [Електронний ресурс] Режим доступу <https://www.hok.com/> (дата звернення 20.12.2025).
19. Фрайбург – приклад сталого енергоефективного розвитку міста [Електронний ресурс] Режим доступу <https://сахара.ua/kompaniya-statti-frajburg-priklad-stalogo-energoefektivnogo-rozvitku-mista> (дата звернення 20.12.2025).
20. Веб-сайт компанії Soma [Електронний ресурс] Режим доступу https://www.soma-architecture.com/index.php?page=theme_pavilion&parent=2# (дата звернення 20.12.2025).
21. Веб-сайт Центр Гейдара Алієва [Електронний ресурс] Режим доступу <https://heydar-aliyev-foundation.org/> (дата звернення 20.12.2025).

D. Sc., Professor **Gelena Kovalska**,
Assistant **Nadiia Kantaurova**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

INNOVATIVE APPROACHES TO BUILDING ADAPTATION THROUGH KINETIC AND BIONIC ARCHITECTURE

The task of modern architectural theory must be focused on finding the techniques and methods for the construction of a new adaptive space and the principles and approaches for adapting the existing space to current challenges. Adaptation must take into account a multitude of scenarios and probabilistic directions for future development. The multidisciplinary of the adaptation problem offers significant advantages when the latest developments in related fields intersect,

creating exciting new designs, forms, and building structures. Among the innovative architectural movements are Kinetic Architecture and Bionic Architecture – these are relevant areas of scientific research fundamentally based on movement. Kinetic Architecture uses movement and transformation to create dynamic, smart buildings that ensure a high-quality environment meeting increased ecological requirements and human needs. They form objects with high aesthetic characteristics and a positive psychophysiological impact, while featuring reduced energy consumption. The main principles of Kinetic Architecture include: dynamism, transformability, and system integrity. Bionic Architecture is an artificial attempt to embody natural forms, movements, and properties in architectural objects. The main principles of Bionic Architecture include: biostructurism, bioformism, and biotransformism. A similarity exists between the approaches of kinetic and bionic architecture, as they both move away from the traditional static nature of buildings and are oriented towards movement, dynamics, and transformation. Kinetic architecture implements human-developed transformations of architectural objects, while Bionic architecture imitates the structure and properties of living organisms in buildings or their elements. The implementation of architectural object adaptation principles holds great prospects for utilizing scientific and technical developments that generate new ideas in architecture.

Keywords: adaptability; kinetic architecture; bionic architecture; dynamic architecture; principles of transformation; moving structures.

REFERENCES

1. Mironenko, V.P., & Demydiuk, Yu. (2013). Razvitie idey adaptivnosti v sovremennoy gorodskoy srede [Development of ideas of adaptability in the modern urban environment]. *Theory and Practice of Design*, (4), 105–112 {in Ukrainian}.
2. Kronenburg R. (2007), *Flexible: Architecture that Responds to Change*, Laurence King Publishing Ltd, Great Britain, London, UK. 240 p. {in English}
3. Harper, R. (2003) *Inside the smart home*, London; New York, Springer. {in English}
4. Bachynskyi, D. (2024). Kinetic architecture as an innovative approach in the formation of public buildings. In V.I. Skochko (Chief editor), *Build-Master-Class-2024: International scientific–practical conference of young scientists*, Kyiv, 05-07 November 2024 (pp. 49–50). Kyiv: KNUCA {in Ukrainian}.
5. Bronnikova, S.S. (2022). Main principles of kinetic architecture formation. *Municipal Economy of Cities. Series: «Economic Sciences»*, 3(170), 71–76. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-71-76> {in Ukrainian}.
6. Schmidt-III R. & Austin S. *Adaptable architecture: Theory and Practice* Routledge, 2016. 296 p. {in English}

7. Scheider T., Till J. Flexible housing: Opportunities and limits, *Architectural Research Quarterly*, 2005. Vol. 9. №. 02. pp. 157-166. <https://doi.org/10.1017/S1359135505000199>. {in English}
8. Schnädelbach, H. (2010). *Adaptive Architecture – A Conceptual Framework*. Conference: MediaCityMediaCity. <https://www.researchgate.net/publication/235218510>. {in English}
9. Penn, A. (2007) *Mixed Reality Architecture: A Dynamic Architectural Topology*. <https://www.academia.edu/14187330>. {in English}
10. Zellner, P. (1999) *Hybrid space: new forms in digital architecture*, London, Zames & Hudson. {in English}
11. Fox, M. & Kemp, M., (2009) *Interactive Architecture*. Princeton Architectural Press, New York. {in English}
12. Votinov, M.A. & Smirnova, O.V. (2019). *Innovations in the formation and formation of interactive life and spores in the local medium*. Monograph. Kharkiv, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv {in Ukrainian}.
13. P. Gruber. *Biomimetics in Architecture*, Springer, Wien, New York, 2011, 280 p. {in English}
14. Yu Jing: *Study on Form and Color of Bionic Design*, Master Degree Thesis of Hunan University (2008), p 1-2. {in English}
15. Dorokhina, H., & Halat, S. (2025). *Theoretical prerequisites for the formation of bionic architecture*. *Modern Problems of Architecture and Urban Planning*, (72), 45–54. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.72.45-54> {in Ukrainian}.
16. Stevenson, C. (2011). *Morphological Principles of Current Kinetic Architectural Structures*. Conference: *In Adaptive Architecture* Volume: pp. 1-12. <https://www.researchgate.net/publication/316885581>. {in English}
17. Benyus J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Perennial, 2002. 310 p. {in English}
18. HOK Company Website URL: <https://www.hok.com>. {in English}
19. Freiburg – an example of sustainable energy-efficient city development URL: <https://caxapa.ua/kompaniya-statti-frajburg-priklad-stalogo-energoefektivnogo-rozvitku-mista>. {in Ukrainian}
20. Soma Architecture Company Website. *Thematic Pavilion, Expo Yeosu*. URL: https://www.soma-architecture.com/index.php?page=theme_pavilion&parent=2#. {in English}
21. Heydar Aliyev Center Website. URL: <https://heydar-aliyev-foundation.org>. {in English}