

DOI: 10.32347/2786-7269.2026.16.29-41

УДК 72.01:711.4

Андрухів М.І.,
marian.i.andrukhiv@ukd.edu.ua, ORCID: 0009-0008-2446-536X,
Компанія «БЛАГО», м. Івано-Франківськ

ВПЛИВ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК АРХІТЕКТУРИ

Проаналізовано вплив параметричного проектування на реалізацію принципів сталого розвитку в сучасній архітектурі в контексті цифрової трансформації проєктної практики. Обґрунтовано, що алгоритмічні та генеративні моделі розширюють інструментарій багатокритеріальної оптимізації, дозволяючи узгоджувати естетичні рішення з вимогами енергоефективності, ресурсозбереження та екологічної відповідальності протягом життєвого циклу будівель. Висвітлено еволюцію параметричного підходу від експериментів з комплексною геометрією до застосувань, орієнтованих на кліматично-адаптивний дизайн, циркулярну економіку та підвищення резильєнтності забудованого середовища. На основі прикладів реалізованих об'єктів показано, що параметричні фасадні та конструктивні системи здатні забезпечувати вимірювані ефекти зниження енергоспоживання, оптимізації матеріалів і підвищення комфорту користувачів. Доведено, що для України параметричне проектування має прикладний потенціал у післявоєнній відбудові, забезпечуючи швидкість, гнучкість і системну інтеграцію показників сталості у проєктні рішення.

Ключові слова: параметричне проектування; сталий розвиток; енергоефективність; життєвий цикл будівель; кліматично-адаптивний дизайн; оптимізація матеріалів; BIM; резильєнтність.

Актуальність дослідження. Сучасна архітектура перебуває на порозі глибоких перетворень під впливом цифрових технологій та зростаючих вимог сталого розвитку. Будівельна галузь традиційно споживає значні обсяги ресурсів і енергії, спричиняючи прискорення змін клімату, утворення відходів та інші екологічні й соціальні проблеми [7]. Саме тому, актуальною з наукової точки зору є потреба пошуку нових підходів, що дозволять створювати комфортні й функціональні простори, мінімізуючи негативний вплив на довкілля. Одним із таких інноваційних підходів є параметричне проектування – методологія, яка використовує алгоритми і змінні параметри для генерування архітектурних форм та рішень. Цей підхід, зародившись як інструмент для експериментів з комплексною геометрією, сьогодні набуває стратегічного

значення для досягнення цілей сталого розвитку архітектури [7]. У науковому середовищі, популярною є думка, що застосування параметричного проєктування в архітектурному середовищі є критично важливим для створення сталих і стійких просторів.

Наукова актуальність дослідження зумовлена необхідністю інтеграції цифрових методів проєктування у парадигму сталого розвитку архітектури, що вимагає переосмислення традиційних підходів до формоутворення, енергоефективності та управління ресурсами. В умовах кліматичних викликів, зростання урбанізаційного тиску та необхідності раціонального використання матеріалів особливої ваги набуває дослідження впливу параметричних інструментів на життєвий цикл будівель і ефективність архітектурних систем. Водночас існує науковий запит на комплексний аналіз того, як алгоритмічні методи можуть забезпечити адаптивність архітектури до змін середовища та підвищити її екологічну й соціальну стійкість. Актуальність теми також визначається потребою вироблення теоретико-методологічних засад застосування параметричного підходу у проєктуванні громадських і міських просторів у контексті цифрової трансформації архітектурної практики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових джерел свідчить про формування стійкого міждисциплінарного підходу до осмислення параметричного проєктування як інструменту оптимізації архітектурних рішень у контексті сталого розвитку. У дослідженнях домінує теза про поступову трансформацію параметризму від стилістичного напрямку до методології, що забезпечує інтеграцію екологічних, конструктивних та соціальних параметрів у процес формоутворення. Спільним для більшості праць є акцент на здатності алгоритмічних моделей підвищувати енергоефективність будівель, раціоналізувати використання матеріалів і забезпечувати адаптивність архітектури до кліматичних змін. Також науковий дискурс демонструє зростання інтересу до практичних кейсів застосування параметричних інструментів у реалізованих об'єктах, що підтверджує їхню ефективність у досягненні вимірюваних показників сталості. У цілому література консолідує підхід, за яким параметричне проєктування розглядається як одна з ключових технологічних платформ формування інноваційної, ресурсоефективної та резильєнтної архітектури.

Методологічною основою нашого дослідження стали праці С. Іванова-Костецького [2], Д. Лопез-Лопез [7], С. Маслової [1], К. Паулса [10] та ін.

Метою статті є узагальнення теоретичних напрацювань і практичного досвіду на перетині параметричного дизайну та сталого архітектурного розвитку, а також визначення перспектив і рекомендації для фахівців архітектури та урбаністики.

Виклад основного матеріалу. Параметричне проєктування (або параметрична архітектура) – це підхід, при якому форма і структура будівлі визначаються взаємозв'язаними параметрами, заданими через алгоритми та комп'ютерні програми. Замість традиційного статичного креслення архітектор створює генеративну модель, що являє собою набір правил і змінних (параметрів), які описують геометрію об'єкта [10]. Змінюючи параметри (наприклад, висоту, кривизну, кут нахилу даху тощо), можна автоматично отримувати різні варіанти дизайну. Завдяки такому підходу, процес проєктування стає гнучким і адаптивним – архітектори можуть швидко досліджувати безліч конфігурацій, знаходячи оптимальні за заданими критеріями рішення. Параметричні моделі дозволяють створювати надскладні форми, які важко або й неможливо було б уявити та розрахувати вручну, забезпечуючи при цьому точність і контроль над геометрією.

Власне ідеї параметричного підходу сягають корінням математичного моделювання, але в архітектурі вони почали активно розвиватися наприкінці ХХ століття з появою комп'ютерного дизайну. Перші приклади застосування параметричних принципів можна побачити у експериментах архітекторів-деконструктивістів та в розробках програмного забезпечення для САПР (CAD) у 1980-1990-х роках [10]. Вагомий вплив на розвиток параметричного підходу відіграли генеративні методи дизайну, поширення Building Information Modeling (BIM), а в останні роки – інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання в проєктні процеси [10]. Одним з піонерських проєктів, що продемонстрував силу цифрових методів, став музей Гуггенхайма в Більбао (1997, арх. Ф. Гері) – його складні криволінійні форми були реалізовані завдяки передовим на той час програмам 3D-моделювання (рис. 1).

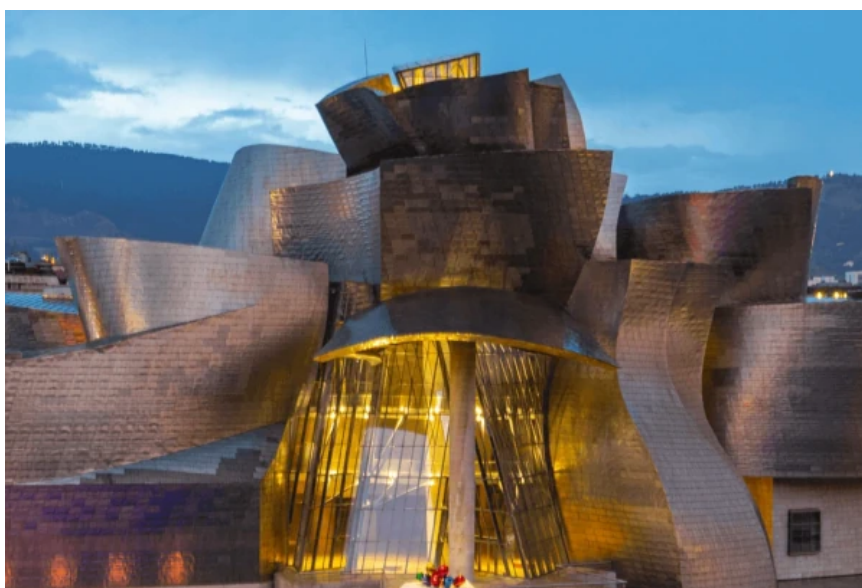


Рис. 1. Зовнішній вигляд музею Гуггенхайма в Більбао [6].

Особливого поширення параметричні інструменти набули в 2000-х роках, коли власне з'явилося поняття “параметризм” (Parametricism), введений П. Шумахером, що позначив новий стиль архітектури, заснований на алгоритмічній складності та безперервних формах. Цей стиль асоціюється з працями студії З. Хадід та інших авангардних архітекторів, які використовували параметричні програми (такі як Rhino/Grasshopper, Autodesk Maya, GenerativeComponents) для створення виразних органічних будівель [2].

Якщо говорити про вплив параметричного підходу на проєктний процес, то воно змінює сам підхід до творчості архітектора. Власне проєктний процес стає більш обчислювальним і науково обґрунтованим. Замість того, щоб вручну малювати кожен елемент, архітектор розробляє систему, яка сама генерує форму за заданими умовами. Це зближує архітектуру з інженерією і навіть програмуванням. З'являється можливість врахувати численні чинники на ранніх етапах проєкту – від конструктивних вимог до кліматичних даних – шляхом включення їх як параметрів моделі [1].

Варто зазначити, що на початкових етапах застосування параметричних методів основна увага приділялася естетичним і формальним експериментам – архітектори захоплювалися новими плавними формами і складними візерунками, які стало можливим створити. Проте останні десятиліття характеризуються зсувом акценту в бік вирішення *практичних завдань* та глобальних викликів. Галузь параметричного проєктування еволюціонувала від ранніх цифрових пошуків до орієнтації на адаптацію до зміни клімату, принципи циркулярної економіки та підвищення стійкості побудованого середовища [7]. Іншими словами, параметричний дизайн дедалі більше інтегрується з ідеями сталого розвитку, про що детальніше йтиметься далі.

Якщо говорити про поняття сталого розвитку в архітектурі, то це окремий підхід до проєктування, будівництва і експлуатації будівель, за якого забезпечуються потреби сучасного суспільства в комфортному середовищі, не ставлячи під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Концепція спирається на три основні складові – екологічну (мінімізація впливу на довкілля), економічну (ефективне використання ресурсів, економія енергії, життєвий цикл будівлі) та соціальну (здоров'я і добробут людей, соціальна справедливість, культурна спадщина). У сфері архітектури це означає прагнення створювати енергоефективні будівлі з низьким рівнем викидів, використання екологічно чистих і відновлюваних матеріалів, інтеграцію будівель у природне оточення, забезпечення високої якості внутрішнього середовища (мікроклімату), а також врахування потреб спільнот і доступності.

Архітектурно-будівельний сектор суттєво впливає на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу будівель. Виробництво будматеріалів, зведення, експлуатація та знесення будівель супроводжуються значними витратами енергії і сировини, викидами парникових газів та утворенням відходів. За оцінками експертів, на будівлі припадає до 40% світового споживання енергії і 30% викидів CO₂ [3]. Також необдумане будівництво може призводити до деградації природних ландшафтів, втрати біорізноманіття, забруднення водойм тощо. Водночас міста, що стрімко зростають (за прогнозами ООН, до 2050 року понад 60% населення житиме у містах, можуть стати платформою для впровадження принципів сталого розвитку: щільна міська забудова за належного планування здатна забезпечити ефективніше використання ресурсів, розвиток громадського транспорту, економію простору [5]. Отже, архітектори несуть відповідальність за пошук рішень, що зменшують екологічний слід будівель і водночас підвищують якість життя. Саме тому вважаємо виділити низку практичних принципів сталого розвитку, які застосовуються в процесі архітектурного проєктування й можуть бути вдосконалені завдяки параметричному підходу:

- *енергоефективність* – оптимізація будівлі для зниження споживання енергії;
- *використання відновлюваних джерел енергії* – інтеграція в будівлі сонячних панелей, теплових pomp, геотермальних систем та інших ВДЕ для забезпечення енергетичної автономності та скорочення вуглецевого сліду;
- *раціональне використання матеріалів* – вибір екологічно чистих, локальних матеріалів з низьким вмістом вбудованої енергії, повторне використання елементів, проєктування на основі циклу життя (LCA) – від видобутку сировини до утилізації;
- *водозбереження* – впровадження систем збору дощової води, її фільтрації та повторного використання для технічних потреб, установлення водозберігаючого обладнання (санітарні прилади низького потоку, системи капельного зрошення для озеленення тощо);
- *комфорт і здоров'я користувачів* – забезпечення високої якості внутрішнього середовища, достатнього денного освітлення, природної вентиляції, контролю якості повітря, акустичного та теплового комфорту;
- *адаптація до клімату та стійкість* – проєкти повинні враховувати сценарії зміни клімату (підвищення температур, екстремальні погодні явища) та бути здатними до адаптації.

Власне параметричне проєктування значно розширює можливості архітекторів щодо досягнення цілей сталості. Алгоритмічні моделі дозволяють інтегрувати екологічні та технічні параметри безпосередньо в процес творчого

пошуку форми, тим самим знаходячи оптимальний баланс між естетикою, функціоналом і ефективністю використання ресурсів. Можна навести низку прикладів того як саме параметричні підходи впливають на ключові аспекти сталого архітектурного розвитку.

Якщо говорити про енергоефективність і кліматично-адаптивний дизайн то параметричні інструменти дають змогу моделювати поведінку будівлі за різних умов довкілля (сонячна радіація, температура, напрямки вітру) і автоматично підбирати рішення для зниження енергоспоживання. Наприклад, алгоритми можуть оптимізувати орієнтацію будівлі та конфігурацію її оболонки: положення і розмір вікон, форму даху, параметри сонцезахисних екранів – так, щоб максимально використовувати природне освітлення, але мінімізувати перегрів приміщень влітку [10]. Штучний інтелект та генетичні алгоритми дозволяють перебрати тисячі варіантів планувань і форм у пошуках рішення, яке забезпечить, скажімо, на 30% більше денного світла без збільшення тепловтрат. Параметрично спроектовані фасадні системи можуть динамічно реагувати на погоду: змінювати прозорість, відкривати або закривати жалюзі, адаптуватися до положення сонця. Як наслідок, будівля стає кліматично адаптивною, підтримуючи комфортний мікроклімат з меншими затратами енергії на HVAC-системи.

Ще одна сфера, де параметричне проектування справляє значний вплив, – це раціоналізація конструкцій і економія матеріальних ресурсів. Алгоритми можуть точно розрахувати несучі елементи, визначити оптимальну форму конструкцій (балок, арок, оболонок), яка забезпечує необхідну міцність при мінімальній масі. Такий підхід, відомий як топологічна оптимізація або генетичний дизайн конструкцій, нерідко надихається природними формами (біонічний дизайн). В результаті отримують нестандартні, “органічні” конструкції, які на 10–20% легші за традиційні, але виконують ту саму функцію [10]. Наприклад, алгоритм може “висвердли” зайвий бетон у плиті або фермі, залишивши матеріал тільки там, де проходять основні напруження – за такою принциповою схемою створюються біоморфні опори і перекриття, що економлять матеріал і водночас стають естетично привабливими архітектурними акцентами. Параметричні моделі також дозволяють точно оцінити необхідну кількість будівельних матеріалів на ранній стадії, що сприяє зниженню відходів і перевитрат. Оптимізація матеріалів означає і менший вуглецевий слід (адже виробництво цементу, сталі тощо – енергоємний процес), і економію коштів.

Також параметричний підхід полегшує інтеграцію біокліматичних принципів, коли дизайн формується від кліматичних умов конкретного місця. Наприклад, відомим прийомом стало створення перфорованих фасадів чи

двошарових оболонок, в яких розміри і густота отворів розраховані за алгоритмом, щоб забезпечити оптимальну інсоляцію та вентиляцію. Такі фасади можуть мати складні візерунки або структуру, згенеровану на основі сонячної діаграми – і архітектурно виразні, і функціонально ефективні. Параметричні моделі також допомагають розміщувати будівлю з урахуванням рози вітрів та рельєфу, щоб використовувати переваги природної вентиляції або, навпаки, захищатися від холодних вітрів.

Також параметричний дизайн дає можливість з високою точністю розміщувати і вбудовувати системи відновлювальних джерел енергії в архітектуру. Алгоритми можуть визначити оптимальні кути нахилу і розташування сонячних панелей на покрівлі чи фасаді, щоб максимізувати генерацію енергії протягом року (враховуючи затінення, сезонні зміни сонцестояння тощо). Можна змодельювати форму даху, яка одночасно слугує ефективним колектором дощової води для подальшого використання у будівлі. Крім того, параметричні моделі полегшують просторову координацію складних інженерних мереж всередині будівлі, що важливо для забезпечення її екологічної функціональності. В цілому, алгоритмічний підхід дозволяє розглядати будівлю як цілісний організм, де архітектурна форма, конструкція і інженерія працюють злагоджено для досягнення сталих показників.

Насамкінець варто згадати про гнучкість та адаптивність протягом життєвого циклу. Сталий розвиток вимагає, щоб будівлі були пристосованими до змінних потреб та умов у довгостроковій перспективі. Параметричні моделі можуть включати у себе сценарії трансформації будівлі – наприклад, передбачати модульність та можливість демонтажу/перестановки елементів. Алгоритмічні інструменти спрощують проектування таких модульних систем. Крім того, параметричне проектування дедалі частіше поєднується з BIM і технологіями управління будівлею (BMS), що дозволяє на етапі проєкту закласти механізми адаптації: сенсори, регулятори, “розумні” алгоритми експлуатації будівлі. У майбутньому це може привести до самонавчальних споруд, які змінюють свої параметри на основі зібраних даних про використання та довкілля – наприклад, що зараз лише починає розвиватися.

Отже, параметричне проектування є потужним інструментом реалізації принципів сталого розвитку в архітектурі. За його допомогою можна ефективніше розв’язувати складні компромісні задачі (естетика vs. енергоефективність, вартість vs. екологічність), отримуючи оптимізовані рішення, підтверджені кількісними показниками.

Цікаво, що сформульовані нами вище підходи до впровадження параметричного підходу в проєкту діяльність, мають практичну реалізацію. Ряд сучасних архітектурних проєктів по всьому світу продемонстрували успішне

застосування параметричних методів заради досягнення амбітних цілей сталості. Першим прикладом можуть слугувати Вежі Аль-Бахар (Абу Дабі, ОАЕ), які обладнані унікальним динамічним фасадом-машрабією, спроектованим з використанням параметричного моделювання (рис. 2). Фасад складається з сотень трикутних панелей, що автоматично відкриваються і закриваються залежно від положення сонця. Це дозволяє зменшити прямий сонячний вплив на скляні стіни та перегрів приміщень. За оцінками, така адаптивна оболонка скорочує надходження сонячної радіації приблизно на 50%, що суттєво знижує навантаження на систему кондиціонування повітря [4]. В результаті будівлі споживають значно менше електроенергії на охолодження в порівнянні з аналогічними спорудами зі статичним фасадом.



Рис. 2. Вежі Аль-Бахар (Абу Дабі, ОАЕ) [4].

Ще одним прикладом є павільйон “One Ocean” (Йосу, Південна Корея) (рис. 3). Цей виставковий павільйон, створений для Ехро 2012, вирізняється футуристичною хвилястою формою даху, розробленою за допомогою параметричних алгоритмів. Форма не лише естетично символізує океанічні хвилі, але й функціонально оптимізована: у вигинах даху інтегровані фотогальванічні панелі під оптимальним кутом до сонця та системи збору дощової води [9]. Завдяки цьому, павільйон частково забезпечує себе електроенергією та водою, демонструючи принципи автономності (Рис. 4). Параметрична модель дозволила точно розрахувати несучу конструкцію складної оболонки і розмістити технологічні елементи без шкоди для архітектурного образу. “One Ocean” балансує між естетикою та

функціональністю, показуючи, як цифровий дизайн може сприяти зеленим технологіям.



Рис. 3. Збудований 2012 року павільйон «One Ocean» (Йосу, Південна Корея) [9].

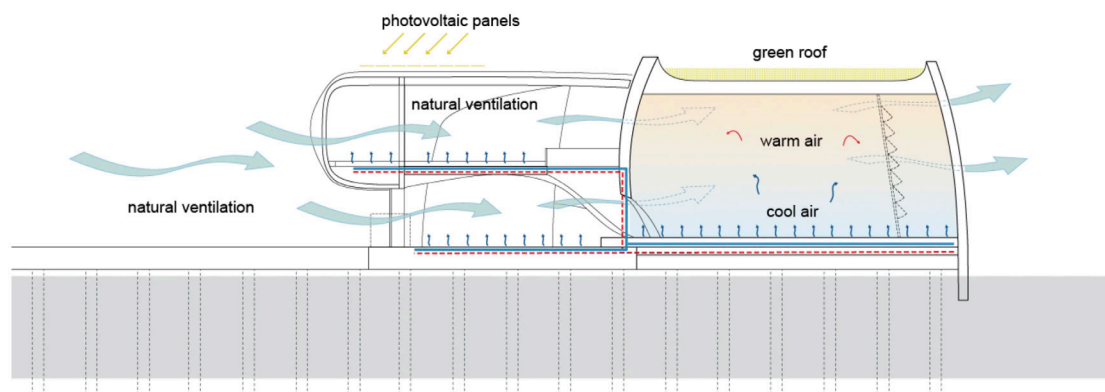


Рис. 4. Схема організації автономності павільйону «One Ocean» (Йосу, Південна Корея) [8].

Подібних прикладів чимало і світовий досвід підтверджує, що параметрична архітектура здатна генерувати інноваційні рішення, які роблять будівлі більш дружніми до довкілля та людей. Від адаптивних фасадів на Близькому Сході до оптимізованих хмарочосів у Азії – усюди бачимо, що поєднання алгоритмів та інженерної творчості дає вимірювані результати у вигляді зниження споживання енергії, води, матеріалів, покращення міського мікроклімату, підвищення довговічності будівель. Ці поректи слугують орієнтиром для архітекторів і містобудівників по всьому світу, вказуючи шлях до нової парадигми проектування, де цифрова гнучкість працює на благо сталого розвитку.

Висновки. Таким чином, параметричне проектування суттєво впливає на трансформацію сучасної архітектури, прокладаючи шлях до більш сталого та інноваційного середовища. Його впровадження змінює парадигму проектного процесу – від інтуїтивно-ручного до алгоритмічно обґрунтованого, що

відкриває нові горизонти для вирішення екологічних та соціальних завдань. Параметричні методи дозволяють значно покращити екологічні показники будівель. За рахунок оптимізації форми та систем будівлі досягається економія енергії (зниження потреб в опаленні, охолодженні, освітленні), раціональне використання матеріалів (мінімізація відходів, зниження маси конструкцій без втрати надійності) та зменшення негативного впливу на довкілля протягом життєвого циклу. Архітектура стає більш науково керованою – рішення приймаються на основі аналізу даних і сценаріїв, а не лише інтуїції, що унеможлиблює багато неоптимальних традиційних рішень. Усе це сприяє досягненню цілей сталого розвитку, визначених глобальними програмами (такими як Цілі сталого розвитку ООН), на рівні окремих будівель і міст. Також алгоритмічний підхід стимулює пошук нетривіальних, біонічних форм, які одночасно несуть практичну користь. Як показав світовий досвід, архітектура, спроектована параметрично, може бути не тільки функціональною, але й надзвичайно привабливою – вона часто черпає натхнення з природних структур, гармонійно вписуючись у контекст. Форму більше не диктують обмеження креслярських інструментів чи стандарти типових проєктів; її диктують параметри довкілля та творчий алгоритм. Відтак формується нова архітектурна мова, яка відповідає духу цифрової епохи і водночас вирішує нагальні проблеми сталості. Ця мова вже проявила себе у знакових “зелених” проєктах по всьому світу, а в майбутньому може стати основною течією архітектури.

В українському контексті параметричне проєктування має всі шанси стати рушієм якісної післявоєнної відбудови. Поєднання швидкості, гнучкості та оптимізації, яке забезпечують цифрові технології, є саме тим, що потрібно для відновлення сотень тисяч будинків і інфраструктурних об’єктів у стислі терміни та при обмежених ресурсах. Використання параметричних моделей і модульних рішень дозволить закладати у нову забудову принципи енергоефективності, безпеки та комфорту з самого початку, не повторюючи застарілих підходів. Ба більше, це шанс побудувати міста, більш стійкі до майбутніх викликів – як екологічних (зміна клімату), так і соціальних чи навіть воєнних. Архітектура резильєнтності, що формується зараз під тиском обставин, в перспективі зробить наші міста здатними гідно зустрічати будь-які потрясіння, зберігаючи при цьому людяне обличчя.

Подальший напрямок дослідження. Надалі, перспективним видається дослідження верифікованих методик поєднання параметричного моделювання з LCA/LCC-оцінюванням та нормативними критеріями сталості для різних типологій будівель і кліматичних зон. Окремого розвитку потребують моделі інтеграції параметричних алгоритмів із BIM/BMS та підходами машинного

навчання для створення адаптивних «data-driven» будівель і міських просторів, здатних самоналаштуватися на основі експлуатаційних даних.

Бібліографічний список

1. Маслова С.А., Тищенко В.О. Параметрична архітектура як окремий стиль сучасної архітектури. *Тези 70-ої ювілейної наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету* (Полтава, 23 квітня – 18 травня 2018 р.). Полтава : ПолтНТУ, 2018. Т. 3. С. 81–82.
2. Іванов-Костецький С.О., Янчук К.В. Генеза параметризму в архітектурі. *Актуальні питання сучасної науки*. м. Київ, 24-25 жовтня 2014 р. С.119-123.
3. Будівля з нульовим викидом вуглецю – інноваційне рішення та впевнений крок до запобігання глобального потепління. URL: <https://eba.com.ua/budivlya-z-nulovym-vykydom-vugletsyu-innovatsijne-rishennya-ta-vpevneniy-krok-do-zapobigannya-globalnogo-poteplinnya/>.
4. Диво-будівлі в Абу-Дабі: Вежі Аль Бахар з інноваційної захистом від палючого сонця. URL: <https://mapme.club/poradi/16621-divo-budivli-v-abu-dabi-vezhi-al-bakhar-z-innovatsiynoi-zakhistom-vid-palyuchogo-sontsya.html>.
5. Environmental Ergonomics and Sustainability https://www.researchgate.net/publication/369857289_A_Study_on_the_Parametric_Design_Parameters_That_Influence_Environmental_Ergonomics_and_Sustainability#:~:text=and%20economic%20development%20on%20an,time%2C%20they%20cause%20an%20accele.
6. Guggenheim Bilbao. URL: <https://www.guggenheim-bilbao.eus/>.
7. López-López D., Serrano-Jiménez A., Gavilanes J., Ventura-Blanch F., Barrios-Padura A., Díaz-López C. A Study on the Parametric Design Parameters That Influence Environmental Ergonomics and Sustainability. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(7). URL: https://www.researchgate.net/publication/369857289_A_Study_on_the_Parametric_Design_Parameters_That_Influence_Environmental_Ergonomics_and_Sustainability#:~:text=The%20parametric%20design%20applied%20to,is%20critical%20to%20creating%20sustainable.
8. One Ocean – Pavilion EXPO 2012, Yeosu, South Korea. URL: <https://transsolar.com/projects/one-ocean-pavillon-expo-2012>
9. One Ocean. Yeosu-si, South Korea. URL: <https://architizer.com/idea/359661/>
10. Paulus C. Exploring the Benefits of Parametric Architecture in Sustainable Design. URL: <https://illustrarch.com/parametric-design/31254-the-benefits-of-parametric-architecture-in-sustainable-desig.html#:~:text=What%20Is%20Parametric%20Architecture%3F>.

Andruxhiv Marian,

BLAGO Company, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE IMPACT OF PARAMETRIC DESIGN ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE

The article examines how parametric design contributes to sustainable architectural development amid the broader digital transformation of the built environment. The research problem is framed by the construction sector's substantial demand for energy and raw materials and its associated environmental and social externalities, which intensify the need for design methodologies capable of reducing negative impacts while maintaining functionality and comfort. Parametric design is

approached as an algorithmic and variable-driven method that replaces static representation with generative models defined by interdependent parameters and rules. This enables architects to rapidly explore multiple design configurations and evaluate them against measurable criteria, thereby shifting decision-making toward data-informed and performance-oriented workflows.

The paper synthesizes recent theoretical perspectives and professional practice at the intersection of parametric modelling and sustainability, highlighting the evolution of parametric approaches from experiments with complex geometry to applications focused on climate responsiveness, circularity, and resilience. Particular attention is given to the ability of computational tools to embed environmental parameters solar radiation, temperature, wind patterns, daylighting requirements directly into early-stage form-finding and envelope development. The study argues that parametric workflows support energy efficiency through optimized orientation, façade articulation, and adaptive shading systems; they also enable material rationalization via structural optimization and topology-driven design, contributing to reduced embodied carbon and construction waste. The integration of parametric models with BIM environments and smart building management systems is considered as a pathway for operational sustainability and long-term adaptability.

To demonstrate practical relevance, the article discusses emblematic international projects featuring dynamic façades and optimized roof-shell systems that combine expressive architectural language with quantifiable performance benefits (e.g., reduced solar gains, improved indoor comfort, and integration of renewable energy and water-harvesting strategies). The findings underline that parametric design can mediate trade-offs between aesthetics, cost, and ecological performance by generating solutions validated through simulation and multi-criteria assessment. In the Ukrainian context, the paper positions parametric methods as a promising driver of sustainable post-war reconstruction, enabling modularity, rapid iteration, and the systematic incorporation of energy, safety, and comfort targets under constraints of time and resources. The article concludes that parametric design is not merely a stylistic tendency but an emerging methodological platform for sustainable and resilient architecture.

Keywords: parametric design; sustainable architecture; energy efficiency; life-cycle thinking; climate-responsive design; material optimization; BIM; resilience.

REFERENCES

1. Maslova, S.A., & Tyshchenko, V.O. (2018). Parametrychna arkhitektura yak okremyi styl suchasnoi arkhitektury [Parametric architecture as a distinct style of contemporary architecture]. In *Proceedings of the 70th anniversary scientific*

conference of professors, teachers, researchers, postgraduate students and students of the university (Vol. 3, pp. 81–82). Poltava National Technical University. {in Ukrainian}.

2. Ivanov-Kostetskyi, S.O., & Yanchuk, K.V. (2014). Geneza parametryzmu v arkhitekturi [The genesis of parametricism in architecture]. In *Aktualni pytannia suchasnoi nauky* (pp. 119–123). Kyiv. {in Ukrainian}.

3. European Business Association. (n.d.). *Budivlia z nulovym vykydom vuhletsiu – innovatsiine rishennia ta vpevnenyi krok do zapobihannia hlobalnoho poteplinnia* [Zero-carbon building as an innovative solution to prevent global warming]. Access Mode: <https://eba.com.ua/budivlya-z-nulovym-vykydom-vugletsyu-innovatsijne-rishennya-ta-vpevnenyj-krok-do-zapobigannya-globalnogo-poteplinnya/> {in English}.

4. MapMe. (n.d.). *Dyvo-budivli v Abu-Dabi: Vezhi Al-Bahar z innovatsiinoiu zakhystom vid paliuchoho sontsia* [Al Bahar Towers in Abu Dhabi with innovative sun protection]. Access Mode: <https://mapme.club/poradi/16621-divo-budivli-v-abu-dabi-vezhi-al-bakhar-z-innovatsiynoyi-zakhistom-vid-palyuchogo-sontsya.html> {in English}.

5. López-López, D., Serrano-Jiménez, A., Gavilanes, J., Ventura-Blanch, F., Barrios-Padura, A., & Díaz-López, C. (2023). A study on the parametric design parameters that influence environmental ergonomics and sustainability. *Sustainability*, 15(7). Access Mode: https://www.researchgate.net/publication/369857289_A_Study_on_the_Parametric_Design_Parameters_That_Influence_Environmental_Ergonomics_and_Sustainability {in English}.

6. Guggenheim Bilbao. (n.d.). *Guggenheim Bilbao Museum*. Access Mode: <https://www.guggenheim-bilbao.eus/> {in English}.

7. Transsolar. (n.d.). *One Ocean Pavilion, EXPO 2012, Yeosu, South Korea*. Access Mode: <https://transsolar.com/projects/one-ocean-pavillon-expo-2012> {in English}.

8. Architizer. (n.d.). *One Ocean, Yeosu-si, South Korea*. Access Mode: <https://architizer.com/idea/359661/> {in English}.

9. Paulus, C. (n.d.). Exploring the benefits of parametric architecture in sustainable design. *Illustrarch*. Access Mode: <https://illustrarch.com/parametric-design/31254-the-benefits-of-parametric-architecture-in-sustainable-desig.html> {in English}.